

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

KÖRNYEZETTUDOMÁNYI CENTRUM

**A metán természetes és antropogén forrásai, a hazai metán kibocsátás  
számbavétele és pontosítása a vadállomány emissziójával**

Tudományos Diákköri Dolgozat

Készítette:

**Varga Attila**

ELTE TTK Környezettudomány MSc. szak



Témavezetők: Dr. Weidinger Tamás, ELTE TTK Meteorológiai Tanszék  
Dr. Grosz Balázs, ELTE TTK Kémia Intézet

Budapest, 2012.

## Tartalomjegyzék

<b>Tartalomjegyzék .....</b>	<b>2</b>
<b>Bevezetés .....</b>	<b>3</b>
<b>1. A szén és a metán környezeti jelentősége .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Szén a környezetben .....</b>	<b>4</b>
1.1.1. A szén ciklus .....	5
1.1.2. A metán ciklus .....	9
1.1.3. Antropogén hatások a szén és metán bio-geokémiai ciklusában .....	11
1.1.4. Az állattenyésztés, mint az antropogén tevékenység környezeti hatása .....	11
<b>1.2. Az üvegházhatás jelentősége – globális trendek .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Az üvegházgáz készlet meghatározásának nemzetközi módszertana .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. IPCC Nemzeti Üvegházgáz Készlet Program .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Az IPCC 2006-os irányelveinek metodikai háttere .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. Az emissziós faktorok .....</b>	<b>18</b>
2.3.1. A haszonállatok bélfermentációra vonatkozó metán emissziós faktorai .....	19
2.3.2. A kérődző nagyvadak és egyéb állatok metán emissziós faktorai .....	21
<b>3. A magyarországi haszonállatok egyedszám változása, a bélfermentáció során keletkező metán emisszió értékei .....</b>	<b>23</b>
<b>4. A magyarországi nagyvadak (kérődzők és a vaddisznó) egyedszám változása, a bélfermentáció során keletkező metán emisszió értékei .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. A vadak metán emisszióinak jelentősége, az emissziós faktorok meghatározásának módszertana .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. A vadállomány alakulása Magyarországon .....</b>	<b>28</b>
4.2.1. A felhasznált adatbázis .....	28
4.2.2. A nagyvadak állománybéli tendenciái .....	29
<b>4.3. A nagyvadak bélfermentációjából származó metán kibocsátás becslése .....</b>	<b>32</b>
4.3.1. Az adatok étékelése és értelmezése .....	32
4.3.2. A bizonytalanságok becslése a gímszarvas példáján .....	34
4.3.3. Eredmények összegzése .....	38
<b>5. A haszonállatok valamint a nagyvadak (kérődzők és a vaddisznó) összehasonlítása .....</b>	<b>39</b>
<b>Összegzés .....</b>	<b>41</b>
<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>42</b>
<b>Melléklet .....</b>	<b>47</b>

## Bevezetés

Az antropogén eredetű üvegházgázok okozta klímaváltozás az emberiség egyik legismertebb globális problémájaként került a köztudatba az utóbbi évtizedekben. Számos nemzetközi szervezet alakult a klímaváltozás nyomon követése és pontosabb megértése érdekében, amelyek közül kiemelkedik az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change).

A metán – bár koncentrációja jóval kisebb a szén-dioxidéhoz képest – nagy globális felmelegedési potenciálja miatt (23-szorosa a CO<sub>2</sub>-nak (TAMÁS J., – BLASKÓ L., 2008.)) a második legfontosabb üvegházgáz. Számos természetes és emberi tevékenység által létrehozott (antropogén) forrással rendelkezik. A hazaiak közül a legjelentősebb az állattenyésztés. A házasított állatok metán emissziója nagyban hozzájárul a teljes metán kibocsátás mennyiségéhez, ezért ennek becslése az IPCC által létrehozott metodika része. A kibocsátott metán mennyisége az állatok számától és azok egységnyi idő alatti kibocsátásától, más néven az emissziós faktor értékeitől függ. Az emissziós faktorok fajonként eltérőek, de még fajon belül is jelentkezhetnek különbségek, gondoljunk csak a populációk kor eloszlására, a takarmány minőségére, vagy az állattartás technológiájára.

Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) készíti el az IPCC számára az „Üvegházgáz mérleg” jelentéseket, ahol megtalálhatók a házasított állatok emissziói is. A jelentésben viszont nem szerepel a vadon élő állatok metán kibocsátása. Ennek oka, hogy a vadállomány kibocsátása nem tekinthető közvetlen, antropogén forrásnak. Ez véleményem szerint csak részben igaz, hiszen az erdő- és vadgazdálkodás (ami szintén antropogén tevékenység), jelentősen befolyásolja többek között az állomány létszámát és így a kibocsátás mértékét is.

A munka célja, hogy i) bemutassam a metán üvegházgáz jelentőségét, ii) megadjam természetes és antropogén forrásait, beleértve az állattenyésztést, iii) bemutassam az IPCC metodika alapján elért hazai eredményeket a haszonállatokkal kapcsolatban, valamint iv) saját vizsgálati eredményeim alapján meghatározzam a hazai vadállomány (elsősorban a nagyvadak) létszámadatait és metán kibocsátását.

## 1. A szén és a metán környezeti jelentősége

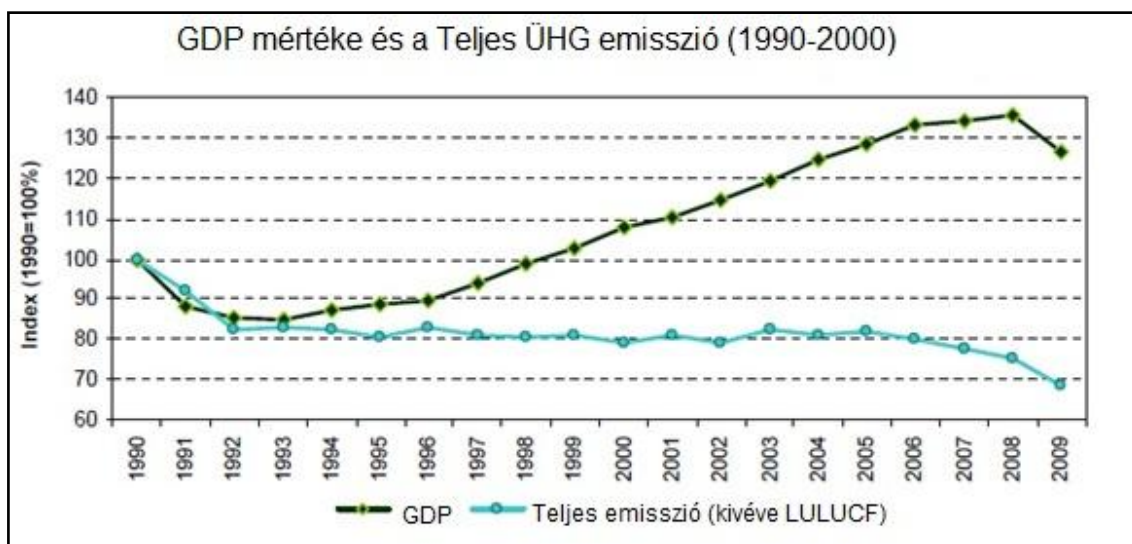
Elsőként a szén és a metán szerepéről, a környezetben lejátszódó folyamatairól, a főbb nyelőkről és forrásokról írok. Bemutatom a természetes és antropogén folyamatokat befolyásoló tényezőket. A fejezet végén a nemzetközi és a magyarországi szén illetve metán mérleggel foglalkozom.

### 1.1. Szén a környezetben

A szén számos formában jelen van a környezetben. *(Az elemzéseinkben az összes szénvegyületet figyelembe vesszük, s az eredményeket szén-egyenértékben adjuk meg. Így ebben a részben közvetett módon a metán is szerepel.)* A légkörbe kerülő szén mind természetes mind antropogén forrásokból származhat. A környezet különböző tározóiban (rezervoárjaiban) – mint a légkör, bioszféra, óceán, stb. – gyűlik össze a szén, illetve a szénvegyületek, s alakulnak át biológiai és kémiai folyamatok során. Messze a legnagyobb raktár a földkéreg. A kőzetekben karbonátok formájában tárolt szén nagyságrendileg  $8 \cdot 10^{22}$  g. Az óceánok víztömege is jelentős mennyiségű  $\text{CO}_2$ -t tárol oldott formában, nagyságrendileg  $3 \cdot 10^{15}$  g-ot, hőmérséklettől függően (ALTBACHER, V., et al. 2007). A  $\text{CO}_2$  jelentősége előtérbe kerül, ha az üvegházhatásra gondolunk, mivel ez a legjelentősebb antropogén üvegházhatású gáz (ERNST-DETLEF, S., et al. 2009; IPCC 2007; GROSZ B., 2010; GCP 2011). A  $\text{CO}_2$  mellett a második legjelentősebb üvegházhatású gáz a metán ( $\text{CH}_4$ ) mérlegének meghatározása fontos lehet akár országos, akár kontinentális léptékben, hiszen ennek ismeretében becsülhetjük meg, hogy mennyi antropogén eredetű üvegházgázt juttatunk a környezetbe. E témakörben számos Európai Unió által támogatott, illetve globális kutatási program született (IPCC 1997; IPCC-GPG 2000; IPCC 2006; ERNST-DETLEF, S., et al. 2009). A CarboEurope-IP (Integrált Projekt) például 2009-ben készített egy összesítést az európai kontinens szén mérlegéről (ERNST-DETLEF, S., et al. 2009). Felszíni és légköri mérések során (pl. ökológiai monitoring, alacsony és magas mérőtornyok, repülőgépes és műholdas mérések, távérzékelési technológiák) megállapították, hogy az európai kontinens (a szárazföldi terület az Atlanti partvidéktől az Uralidáig)  $\text{CO}_2$ -ra nézve szénnyelő: sokévi átlagértéke 300 Tg C/év. Azonban, ha beleszámítjuk a nem fosszilis energiahordozókból származó metán és dinitrogén-oxid kibocsátást is, akkor szén egyenértékre nézve már kb. 70%-os csökkenést tapasztalunk a kontinens, nyelő képességében, ami hozzávetőlegesen

90 Tg C/év lesz. A fentiek alapján az EU-25 országait szén neutrálisnak, vagy kis mértékben nyelőnek lehet tekinteni (ERNST-DETLEF, S., et al. 2009).

Magyarország szempontjából az üvegházgáz (továbbiakban ÜHG) kibocsátás változása és mértéke az OMSZ 2011-es Nemzetközi ÜHG Készlet Jelentése (National Inventory Report) alapján 2005-höz képest 16%-os csökkenést mutat. A csökkenés fele az első 2–3 évben történt. A változás oka az akkoriban gyakori enyhe telekben és a magasabb energia árakban, továbbá a vegyipar modernizálásában keresendő. 2009-ben a Világgazdasági krízis bekövetkezte után ismét radikálisan csökkent az ÜHG kibocsátás (KIS-KOVÁCS, G., 2011). Ezt támasztja alá az *1. ábra*, ami a hazai GDP (azaz a bruttó hazai össztermék) és az üvegházgáz kibocsátás közötti kapcsolatot mutatja. Jól látszik a környezetvédelmi intézkedések, az ipari szerkezetváltás, valamint a 2009-es gazdasági visszaesés hatása.



*1. ábra.* Az 1990 és 2009 közötti időszakra vonatkozó hazai GDP és ÜHG kibocsátás változása az 1990-es referencia értékhez viszonyítva (KIS-KOVÁCS G., 2011).

#### *1.1.1. A szén ciklus*

A szén globális körforgásának hajtóereje a növények fotoszintézise és valamennyi élő szervezet légzése. Ennek során a zöld növények megkötik a légköri CO<sub>2</sub>-ot, és átalakítják számukra hasznos szerves vegyületekké. Ugyanakkor minden élőlény CO<sub>2</sub>-ot termel a légzés, vagy más néven biológiai oxidáció során. A tüzek, az égetés szintén nagyrészt szén-dioxiddá alakítják a szerves szénvegyületeket, természetes forrásként az

erdőtüzek, antropogén forrásként pl. a tarlóégetés említhető. További jelentős természetes forrás a tengerek hőmérséklet emelkedése során fellépő CO<sub>2</sub> emisszió, ami a CO<sub>2</sub> gáz-oldékonyságának csökkenésével magyarázható. A széntartalmú kőzetekből mállás során kerül az atmoszférába CO<sub>2</sub> (ALTBACKER V., et al. 2007). Az 1. táblázat a természetes és az antropogén szén tárolókat mutatja be Gt C-ben az 1990-es év adatai alapján, amíg a 2. ábra összefoglalja a szén biogeokémiai körforgását, az antropogén tevékenységeket is figyelembe véve.

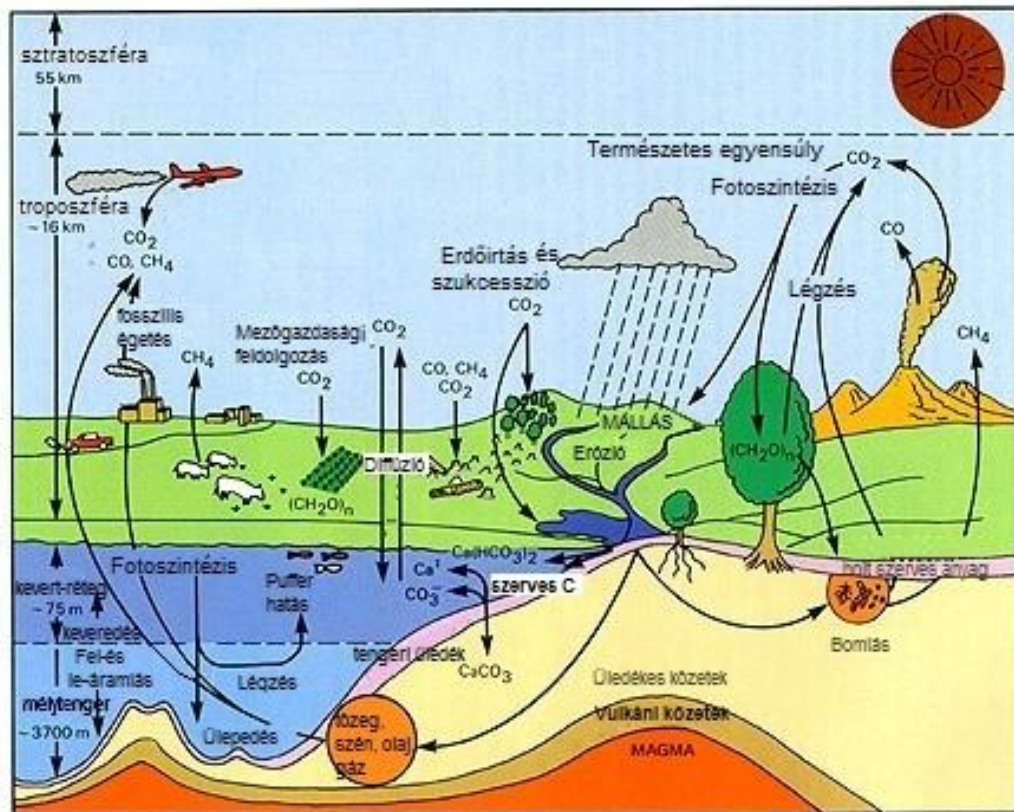
1. táblázat. A szén természetes tározói és az antropogén származású szén többlet 1990-ben globálisan, Gt C-ben mérve (1Gt = 10<sup>9</sup> t). Forrás: IPCC 2007.

A szén természetes tározói globálisan és az antropogén többlet (1990-ben GtC)		
Szén tározók	Természetes	Antropogén
fosszilis energiahordozók	3700	244
vegetáció, talaj és kőzettörmelékek	2300	101–140
óceánfelszín	900	18
atmoszféra	597	165
közép-, és mély-tengerek	37-100	100
üledékek	150	-
tengeri élővilág	3	-

A szén ciklus egyik nagyon fontos eleme a kőszén, a kőolaj és a földgáz keletkezése, ami a ciklus természetes része, de felhasználásuk már az antropogén tevékenységhez köthető. A geológiai tárolókban felgyülemelő nem megújuló energiaforrások is alapvetően növényi eredetű, fosszilis üledékes kőzetekből jöttek létre geológiai idővel mérve a mineralizációs, majd később a migrációs szakaszokban (BÉRCZI I., 2002; SULINET, 2012).

A szén körforgása szempontjából a talajnak is nagy jelentősége van. A talajok metánkibocsátók. Ez elsősorban olyan területeken intenzív, ahol a talajban található szerves anyagok anaerob bomlása lejátszódik. Elsősorban a vizes, mocsaras területek, rizsföldek jöhetnek számításba. Ilyen szempontból Magyarországon a talajok metán kibocsátása nem jelentős. Ugyanakkor a vízzel telítetlen, jól szellőző talajoknál az ásványi rétegek metánnelők lehetnek, amelyek a globális metánnelők 10%-át is kitehetik (PRATHER, M., et al. 1995). A szén-dioxid forgalom szempontjából is fontos a talaj, hiszen a talajlégzés során CO<sub>2</sub> szabadul fel. A szén körforgás fontos eleme a pedoszféra és a bioszféra közötti biológiai szén ciklus (3. ábra). Ennek lényege, hogy a

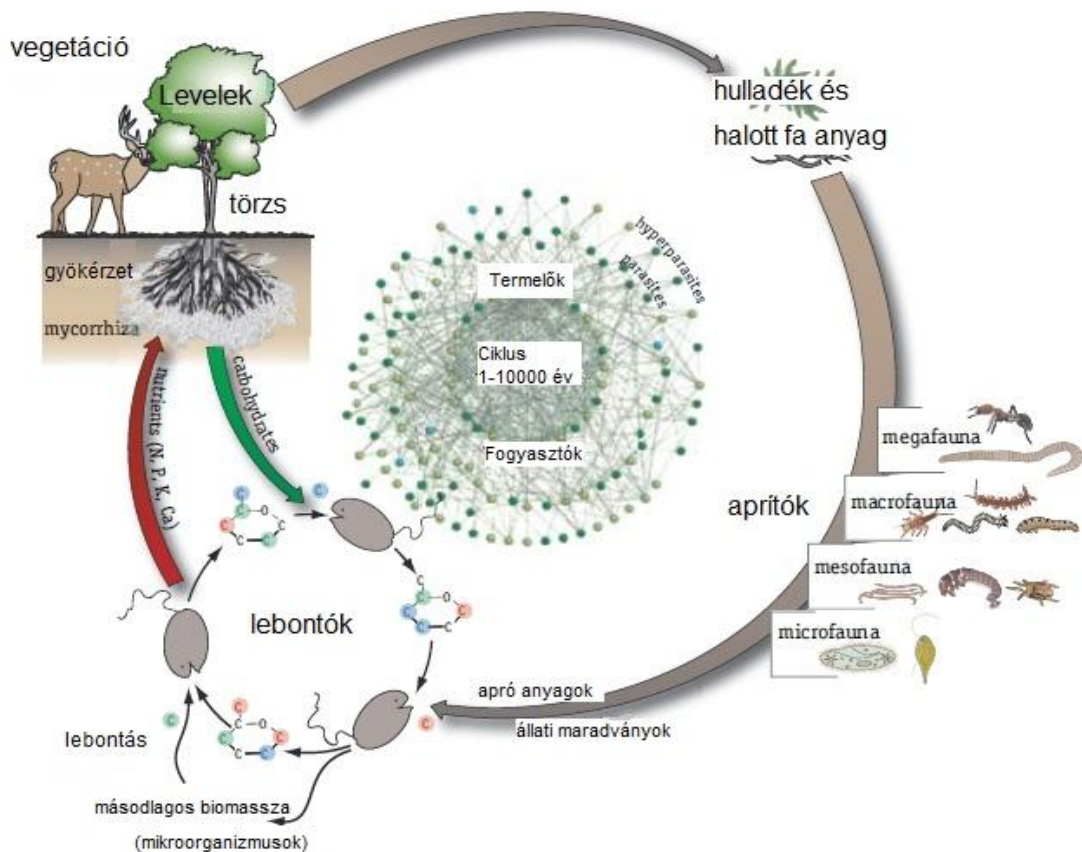
növények táplálékként szolgálnak a magasabb szerveződési szintű élőlényeknek, az állatoknak és a talajban élő lebontó szervezeteknek.



2. ábra. A szén körforgásának összefoglaló ábrája. (Forrás: fas.org)

Az élővilágban lévő fertőzések és kártevők jelenlétének következtében az élő szervezetek elpusztulnak, és a talajba jutnak. A bomlás első lépése, hogy a mikroorganizmusok a biomasszát apró darabokra bontják, miközben maguk számára is hasznosítják annak egy töredékét. Végül a biomassza ásványi anyagként hasznosul a talajban a növények számára, amit a gyökérzetén keresztül vesznek fel, és így bezárul a szén pedoszféra és bioszféra közötti ciklusa (ERNST-DETLEF S., et al. 2009).





3. ábra. A talaj és az élővilág közötti szerves anyag ciklus (ERNST-DETLEF S. et al., 2009).

A szén bio-geokémiai ciklusa kapcsolatban áll más „elemek” és vegyületeik globális ciklusaival, amelyek közül a nitrogén emelhető ki leginkább. A két ciklus szoros kapcsolatban áll egymással, elsősorban a bioszférában zajló biokémiai körfolyamatok által. A nitrogén számos esszenciális szerves vegyületben van jelen, mint például a fehérjéket alkotó aminosavakban, a DNS-ben, amely vegyületek az élet alapját képezhetik. A nitrogén jelen van a növényekben található klorofillban (zöld színtest alkotója), amely elengedhetetlen a fotoszintézishez (BUTTERBACH-BAHL, K., et al. 2011). Az élőlényekben „tárolt” nitrogén és szén útja a 3. ábra alapján követhető nyomon, melyben közösen vesznek részt, egyéb más anyagokkal (Ca, Mg, P). A nitrogén és a szén ebből a biológiai körfolyamatból számos úton kiléphet, például az élőlény pusztulásával, majd a lebomló nitrogén- és szén-vegyületek ásványi anyagok formájában kerülhetnek vissza a ciklusba. A szén és a nitrogén körforgása teljesen nem választható szét, mivel hatnak egymásra jelenlétükkel vagy hiányukkal, s kölcsönösen befolyásolják a másik elem anyagáramát.



### 1.1.2. A metán ciklus

A metán fontos szerepet játszik a légkör fotokémiai folyamataiban, ugyanis a troposféra hidroxil-gyökeivel (OH) reakcióba lép. Ez további összetett reakció útvonalakat indít el, aminek a következtében olyan mellék- és főtermékek keletkeznek, illetve vesznek részt a reakciókban, amelyek befolyásolják az atmoszféra ózon és hidroxil koncentrációját is (LEVY, II, H., 1971; CRUTZEN, P, J., 1973). A hidroxil-gyök, amely jelen van a légkörben, közvetlenül felelős a természetes és antropogén eredetű nyomgázok lebontásáért. Mivel a légköri metán koncentráció növekszik (lásd az 1.2.-fejezetben), ezért a fotokémiai reakciókban is várható változás. CRUTZEN, P. J., et al. (1986) kimondta, hogy amíg a hidroxil koncentráció csökkenő tendenciát mutat, addig vele párhuzamosan növekszik a troposzférikus ózon koncentrációja.

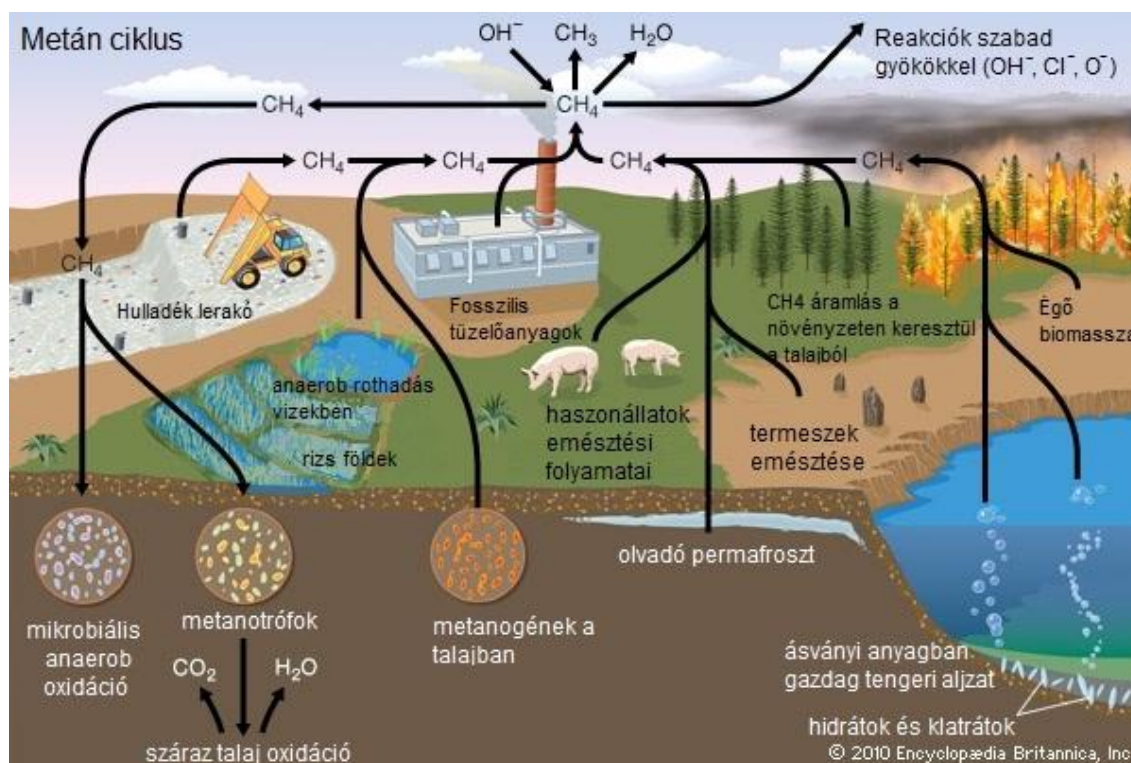
Globális skálán a légköri metán 70–80%-a biológiai eredetű. Ezen belül is lehet természetes (vizenyős területek, óceánok, vad kérődzők, permafroszt területek) és lehet antropogén (állattartás, rizstermelés, biomassza égetés, bányászat, hulladékkezelés) eredetű a kibocsátó forrás (GROSZ B., 2010). A 2. táblázat a metán természetes és antropogén emisszióinak értékeit mutatja be Tg C/év-ben, az IPCC 2001 alapján.

2. táblázat. A metán természetes és antropogén forrásai IPCC 2001- alapján.

<b>A metán természetes és antropogén forrásai (Tg C/év)</b>	
<b>Természetes források</b>	
mocsarak	110–170
termeszek	15–20
óceánok	<10
egyéb	<10
<b>Összesen</b>	<b>160±50</b>
<b>Antropogén források</b>	
energiatermelés	60–70
szerves maradványok	95–140
kérődzők	80–110
rizstermesztés	40–80
biomassza égetés és hulladékkezelés	40–80
<b>Összesen</b>	<b>280±70</b>

A metán természetes forrásai közül a vizenyős területeken végbemenő anaerob lebomlásból származó emissziók a legjelentősebbek. Ilyen vizes területek az árterek, mocsarak, sekély tavak, tőzeglápok. A sekély vizű tavakban az üledék szerves

anyagának bomlását is figyelembe kell venni. Ennek során a metán buborékként, illetve molekuláris diffúzióval távozik. Elmondható hogy ezen édesvizek globális mértékben 20%-kal járulnak hozzá a metán kibocsátásához (KHALIL, M. A. K., – SHEARER, M. J., 1993). A 4. ábra vázlatosan mutatja be a metán tárolóit és körforgását.



4. ábra. A metán körforgása a bioszférában (Forrás: britannica.com).

A kontinentális területek hozzávetőlegesen 20%-át lefedő permafroszt (DAVIS, N., 2001) metán emissziója is előtérbe került az üvegházhatás felerősödésének a következtében. A jégtakaróval elzárt, a felszínhez közel elhelyezkedő szénvegyületek, így a metán is, a jég olvadása és eróziója során felszabadulnak, és tovább növelik az üvegházhatás által okozott klímaváltozást (GOULDEN, M. L., et al. 1998).

A 4. ábrán látható, hogy az óceánok mélyén elhelyezkedő üledék alatti metán-hidrátokból (más néven metán-klatrátok) is szabadul fel metán. Ezek a hidrátok stabilak magas nyomáson és alacsony hőmérsékleten, de ilyen körülmények csak az óceánok alján az üledékrétegek alatt biztosítottak (O'CONNOR, F. M., et al. 2010).

Jelen dolgozat elsősorban az állattartással, mint antropogén kibocsátással és a vadállomány metán kibocsátásával foglalkozik, vagyis a vad- és erdőgazdálkodás hatásaival. Az antropogén metánforrások nagymértékben hozzájárulnak a teljes metán

emisszióhoz, ezen belül is meghatározó a kérődző állatok belfermentációja és kilégzése (GROSZ B. 2010), valamint a szerves trágyakezelés.

A belfermentáció azokat a folyamatokat jelenti, ahol a mikroorganizmusok lebontják a szénhidrátokat alkotóelemeikre. A kérődzők előgyomrában végbemenő, fermentáció során keletkező különböző gázok ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) kisebb sűrűségüknél fogva a bendőfolyadék felszínére törnek, és a bendőzsákban gyűlnek össze. Innen kerülnek kibőfögéssel a szabad levegőre. A termelődő gázok mennyiségét és összetételét a mikrobiális fermentáció intenzitása és jellege határozza meg. A kérődzők mikrobiális fermentációja során a cellulóz lebontása történik az előgyomorban, amely fermentáció mértéke kisebb a többi növényevő állatok esetében (szimbionta bélbaktériumok által), amíg a ragadozók és a mindenevők a cellulózt nem képesek lebontani. A gázkibocsátást elsősorban a takarmányfelvétel óta eltelt idő illetve a takarmány összetétele és minősége határozza meg. Közvetlenül a takarmányozást követően, egy felnőtt szarvasmarha bendőjében 30 perc alatt kb. 20 l, négy óra múlva további 5–10 l gáz termelődik. A szarvasmarha által kibocsátott gáz 30–40%-át metán, 40–60%-át  $\text{CO}_2$  és néhány százalékban  $\text{H}_2$ , illetve további gázok alkotják (HUSVÉTH F., 2011).

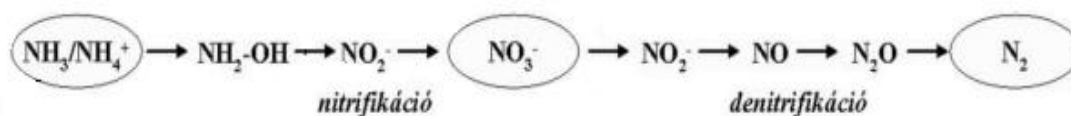
#### *1.1.3. Antropogén hatások a szén és a metán bio-geokémiai ciklusában*

Az antropogén források nagymértékben hozzájárulnak a metán emissziójához (lásd a 2. táblázatot, és 4. ábrát). A mezőgazdaságban az állattartás és a trágyakezelés mellett a rizstermesztés is antropogén forrásnak számít. Az erdőgazdálkodásban antropogén hatásként tekinthetjük a fakitermelést, ami egyrészt csökkenti a levegőből történő szén-dioxid felvételt, másrészt közvetett úton az égetés következtében további szén-dioxid és metán emissziót eredményez. A fosszilis tüzelőanyagok égetése további jelentős hozzájárulást ad az üvegházhatáshoz (lásd 1. táblázat) (ezek rezervoárjaikból történő kitermelése további környezetterheléssel jár). A CarboEurope-IP adatai alapján az európai kontinens fosszilis energiahordozóinak égetése során létrejövő emisszió 80%-a, amíg az EU-25 országok ÜHG emisszióinak 90%-a a légkörben marad, hozzájárulva az üvegházhatáshoz (ebbe nem számolták bele a növényzet mérséklő hatását, illetve a mezőgazdaság intenzív kibocsátását) (ERNST-DETLEF S. et al., 2009).

#### *1.1.4. Az állattenyésztés környezeti hatásai*

A TDK dolgozat fő témája a mezőgazdaságon belül az állattenyésztés metán emissziója. Az ágazat nyomanyag, illetve üvegházgáz készlete ennél jóval összetettebb,

mivel az állattenyésztés során, metánon kívül ammónia, nitrogén-oxid, dinitrogén-oxid metánt nem tartalmazó illékony szerves vegyületek (NMVOC), és valamennyi PM (particulate matter: aeroszol részecskék) is felszabadul a termelési láncban. Az egyik legnagyobb PM forrás a takarmány tárolásából ered, illetve nagy forrás még a sertés és szárnyas farmok működése is. A szárnyas farmokon a PM emisszió a tollazatról és a trágyából származik, amíg a sertés farmokon a bőr maradványokból, a trágyából, és magából az ólból származik (AARNINK, A. J. A., – ELLEN, H. H., 2008). Ammónia a haszonállatok kiválasztása során keletkezik, ami vizelet formájában jut a környezetbe. Amint a szerves trágya közvetlenül kapcsolatba lép a levegővel ammónia gáz szabadul fel. A nitrogén tartalmú vegyületek a szerves trágyából a talajba jutnak, ahol a talaj nitrit és nitrát tartalmából aerob baktériumok denitrifikáció útján  $N_2$  gázt és nitrogén-oxidokat szabadítanak fel, ugyanakkor a nitrifikáló baktériumok anaerob (oxigén szegény) körülmények között a nitritből  $N_2O$ -ot és  $NO$ -ot hoznak létre (5. ábra). A NMVOC vegyületek szintén a szerves trágyából szabadulnak fel, a fehérjék lebomlása következtében (HUTCHINGS, N. et al., 2009).



5. ábra. A nitrifikáció és a denitrifikáció folyamata a talajban. Forrás: MACHON A. (2011).

Az eddigiekből látszik, hogy az állattenyésztés, mint antropogén tevékenység milyen környezetterhelő tulajdonságokkal rendelkezik. Dolgozatomban a szerves trágya és annak kezelése során felszabaduló metán és egyéb gázok emisszióival nem foglalkozom, viszont a haszonállatok bélfermentációja során keletkező metán kibocsátásával igen. A bélfermentáció egy természetes folyamat, (amelyről az előzőekben már volt szó) viszont a haszonállatok számának emberi beavatkozással történő befolyásolása teszi antropogén emisszióvá.

## 1.2. Az üvegházhatás jelentősége – globális trendek

A különböző gázok eltérő mértékben járulnak hozzá az üvegházhatáshoz, mivel a sugárzást különböző hullámhosszúságon nyelik el. A globális felmelegedési potenciált (GWP azaz Global Warming Potential) különböző gázok üvegházhatásának

számszerűsítésére használják. Azonos tömegű szén-dioxidhoz képest határozzák meg az értékét, adott időszakra vonatkoztatva (20, 100, 500 év). A szén-dioxid GWP-je definíció szerint 1, amíg a metán 23-szor, a dinitrogén-oxid 296-szor hatékonyabban nyeli el a sugárzást, mint a szén-dioxid. A kén-hexafluorid felmelegedési potenciálja 22.200-szor nagyobb a referencia gázhoz képest (3. táblázat) (TAMÁS J., – BLASKÓ L., 2008.)

3. táblázat. Az üvegházgázok GWP értékei (TAMÁS J., – BLASKÓ L., 2008.).

Gáz	Tartózkodási idő (Év)	GWP időhorizont		
		20 év	100 év	500 év
metán	12	62	23	7
dinitrogén-oxid	114	275	296	156
HFC-134a	13,8	3300	1300	400
HFC-23	260	9400	12000	10000
kén-hexafluorid	3200	15100	22200	32400

A légkörben található szénvegyületek közül elsősorban a CO<sub>2</sub> és a CH<sub>4</sub> felelős az üvegházhatásért, az előzőekben említett források ezt a folyamatot segítik. A globális klímaváltozás hátterében az emelkedő légköri üvegházgáz koncentráció áll, elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok elégetése, a földhasználat változásai, s más emberi beavatkozások folytán (SUYKER, A. E., – VERMA, S. B., 2001). BALOGH J., (2009) áttekintést adott, hogy az iparosodás óta ez az emelkedés növekvő tendenciát mutat, 2050-re a légköri CO<sub>2</sub> mennyiség az antropogén kibocsátás mértékének függvényében 450–600 ppm-re nőhet. A légkör természetes összetevői az üvegházhatású gázok (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, troposzférikus ózon) és aeroszolok (szulfát és nitrát tartalmú részecskék, korom aeroszol, szerves aeroszol) a Föld átlagos felszíni hőmérsékletének biztosításául szolgálnak (TUBA Z., et al. 2007). Az előbbieket emelkedő koncentrációja azonban a kisugárzott hőt „a légkörben tartva” annak melegedését idézi elő. Ezt a hőmérséklet-emelkedést 2100-ig LEMMENS, C. M., et al. (2006) 1,4–5,8 °C közöttinek „jósolja”.

BALOGH J., (2009) doktori értekezésében a metán üvegházgáz koncentrációjának változásáról írt, miszerint az 1750-es évekre 380 ppb-ről 715 ppb-re emelkedett a legutóbbi glaciális maximum óta (18000 éve) és 2008-ra ez a koncentráció elérte az 1788 ppb-t a légkörben. Az Antarktiszon begyűjtött jégfurat minták alapján a 800 ezer

év alatti metán koncentráció a légkörben 320 ppb és 780 ppb között mozgott (LOULERGUE, L., et al. 2008).

Látható a tendenciák alapján, hogy az éghajlatváltozást előidéző üvegházhatás fokozott jelentkezése, az üvegházgázok növekvő, elsősorban antropogén kibocsátásának köszönhető. Ezt felismerve számos nemzetközi szervezet (pl. az IPCC: Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) foglalkozik azzal, hogy hogyan lehetne csökkenteni a kibocsátások mértékét. 1992-ben Rio de Janeiro-ban 153 ország írta alá az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Keretegyezményét (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change), amelynek célja az üvegházgázok koncentrációjának stabilizálása, valamint a fenntartható fejlődést fenyegető veszélyek mérséklése volt, de ez az egyezmény konkrét előírásokat még nem tartalmazott. 1997-ben írták alá a Kiotói Egyezményt, ami a következő évtizedre (2008–2012) az aláíró országok üvegházgáz kibocsátásainak 5%-al történő csökkentését írta elő az 1990-es referenciaévhez képest. A Kiotói Egyezmény viszont csak 2005. február 16.-án lépett életbe, mivel az üvegházgáz kibocsátásáért felelős országok közül legalább 55%-nak ratifikálnia kellett a szerződést, ami 2004-ben Oroszország csatlakozásával teljesült (UNFCCC, 2012).

## **2. Az üvegházgáz készlet meghatározásának nemzetközi módszertana**

A fejezetben bemutatjuk az üvegházgáz készlet meghatározásának metodikáját, majd az OMSZ irányításával készülő magyarországi üvegházgáz mérleg meghatározása következik. Kitérünk a hazai trendekre is. A TDK dolgozat témaválasztásának megfelelően, részletesen foglalkozunk a mezőgazdasági ágazaton belüli állattenyésztéssel összefüggő emissziós faktorokkal, továbbá az IPCC által nem tárgyalt vadgazdálkodásból származó emisszió számítással.

### **2.1. IPCC Nemzeti Üvegházgáz Készlet Program**

A Nemzeti Üvegházgáz Készlet Program kialakítása 2002-ben indult Új Delhiben az IPCC Tudományos és Műszaki Tanácsadó Testület (SBSTA) hetedik ülésén megfogalmazott felhívás alapján (2002). A ma is használatos új irányelvek 2006 áprilisára az IPCC 25. ülésére készültek el. Ez a korábbi i) 1996-os IPCC Nemzeti Üvegházgáz Készlet irányelvek, a ii) 2000-es Helyes Gyakorlati irányelvek (GPG2000–Good Practice Guidance) és a iii) Helyes Gyakorlat a földhasználat, földhasználat változás és erdészetben (GPG-LULUCF) irányelveken alapul (IPCC, 2006a).

## 2.2. Az IPCC 2006-os irányelveinek metodikai háttere

Az üvegházgáz készletek az adott országon belüli antropogén tevékenységek során keletkeznek, aminek egy részét az antropogén nyelők fel is használják. Az IPCC irányelvei kizárólag az antropogén tevékenységek általi üvegházgáz emissziókra és nyelőkre fókuszálnak adott évre és országra nézve (IPCC, 2006b).

A 2006-os irányelvekben már lényegesen több üvegházhatású gáz szerepel, mint a korábbi 1996-os jelentésben (szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ), metán ( $\text{CH}_4$ ), dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), kén-hexafluorid ( $\text{SF}_6$ ), hidrofluorokarbonok (HFC-k), perfluorokarbonok (PFC-k), nitrogén-trifluorid ( $\text{NF}_3$ ), trifluorometil kén-pentafluorid ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ ), halogénezett éterek, és egyéb halogénezett szén-hidrogének, amelyek a Montreáli egyezményben (1987) még nem voltak ( $\text{CF}_3\text{I}$ ,  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ). E nyomgázokon kívül másokat is megad az irányelv, amelyek nem üvegházhatású gázok ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ , NMVOC,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ). Megjegyezzük, hogy ezek meghatározásával részletesen nem foglalkozik az új irányelv.

A kibocsátott majd elnyelt üvegházhatású gázok az antropogén tevékenységekből származnak, amit ágazatok szerint csoportosítanak, és így le lehet bontani a teljes országos emissziót építőköveire. Öt nagy ágazatra oszthatóak a tevékenységek, amelyek további alegységekre bonthatóak. Az öt fő ágazat i) az energiaszektor, ii) ipari folyamatok és termékhasználat, iii) mezőgazdaság, erdészet és egyéb területhasználat, iv) hulladék, v) egyéb kategória (indirekt emisszió pl. a nitrogén ülepedéséből). Ezek a főbb kategóriák alegységekre, (például közlekedés), majd további kategóriákra (például személygépjárművek) bonthatók. A kategóriák összesítéséből megkapjuk az adott üvegházgázra vonatkozó teljes országos emissziót és elnyelést.

Már az 1996-os IPCC irányelvekben is szerepelt a források és nyelők becslésére vonatkozó módszertan, amelynek a lényege, hogy kombinálják az emberi tevékenység eredményét (ez alatt pl. a fogyasztás illetve felhasználás értendő, AD – Activity Data), az adott tevékenység egységnyi szakaszára vonatkozó üvegházgáz kibocsátás, vagy elnyelődés mértékével (ezt más néven emissziós faktornak hívják, EF – Emission Factors). A fentiek alapján az IPCC metodika alapegyenlete:

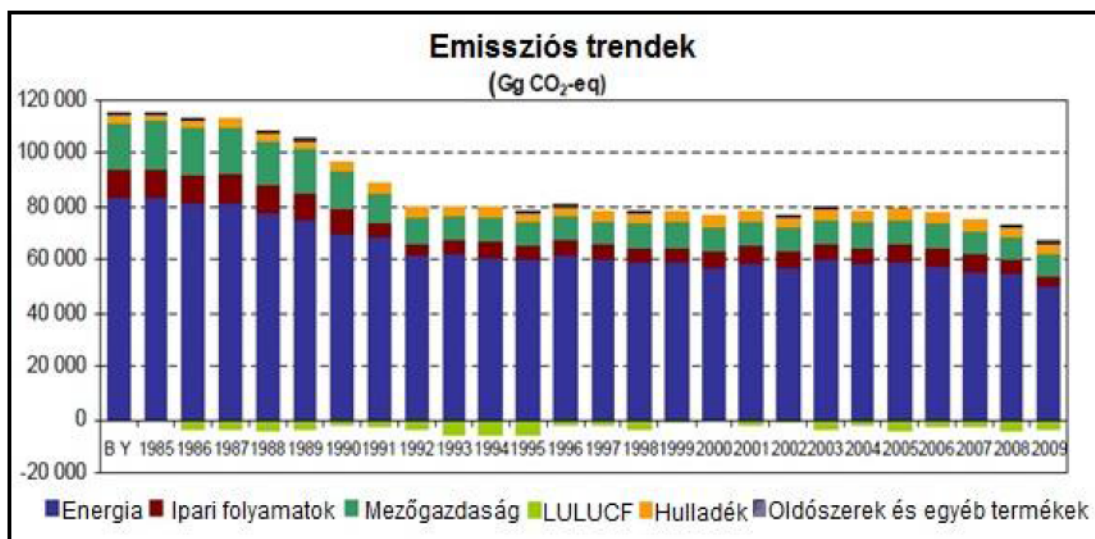
$$\text{Emisszió} = \text{AD} \cdot \text{EF} \quad (1.1)$$



Metodológiai szempontból három fő részletességi szintet különítünk el, amelyeknek az adatigénye és ez által, a pontossága is eltérő (ennek alapján változik az 1.1-es egyenlőség). A legegyszerűbb modell a Tier 1, ennél komplexebb a Tier 2, majd a legösszetettebb és a legtöbb adatot igénylő módszer a Tier 3, viszont ez a legpontosabb. A Tier 1 modell alapadat igényét az összes ágazaton belül a naprakész Nemzetközi, vagy országos statisztikák és a hozzájuk rendelhető emissziós faktorok (EF) adják, amelyek országonként alkalmazhatóak. Adott üvegházgáz készlet vizsgálata során egy országnak figyelembe kell vennie, hogy melyik ágazatnak milyen befolyása van a kibocsátások és a megkötések szempontjából, és ezeknek milyen trendje van, illetve mekkora a bizonytalansággal rendelkeznek. A leginkább meghatározó tényezőket a metodika kulcs kategóriáknak nevezi, amelyek az adatgyűjtésnél, feldolgozásnál, minőség-biztosításnál és ellenőrzésnél elsőbbséget élveznek a készlet szempontjából (IPCC, 2006b).

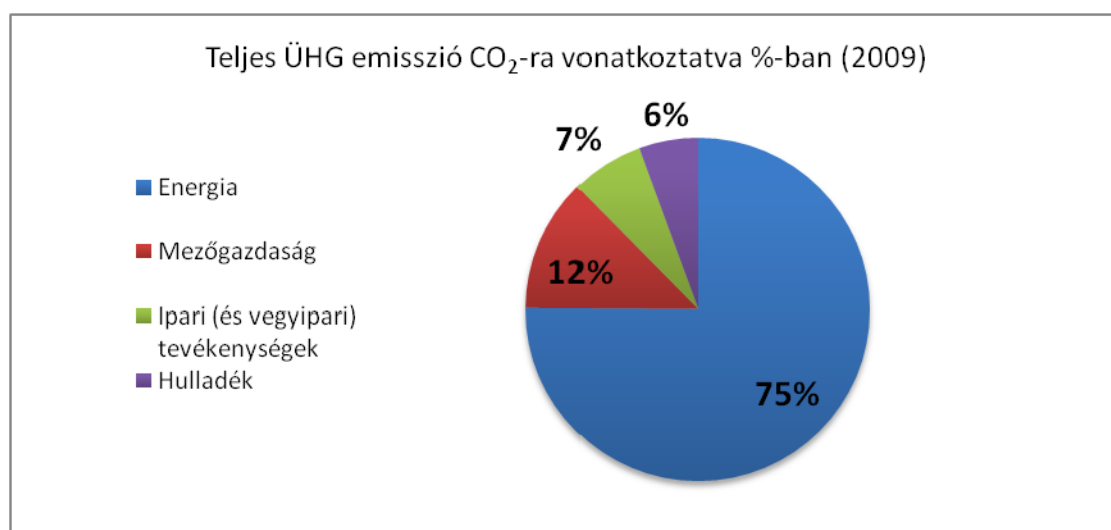
Magyarország 2011 áprilisában kiadott Nemzeti Üvegházgáz Készlet jelentése a legfrissebb, amelyet az OMSZ készített el az 1985–2009 időintervallumra, számos szervezet és szakértő közreműködésével, a kormány felhívására. Az országos jelentéseknek követniük kell az IPCC által rögzített irányelveket, a nemzetközi összehasonlíthatóság érdekében, így a Magyarországi jelentés is megfelel a sztenderdeknek.

Hazánkban 2009-ben a teljes üvegházgáz emisszió 66,7 millió tonna volt CO<sub>2</sub> egyenértékben megadva (a LULUCF, vagy más néven a földhasználat, földhasználat változás és erdészet ágazati része nem tartozik bele). Ha számításba vesszük a LULUCF ágazat leginkább szén megkötő tevékenységeit, a nettó emisszió 63,6 millió tonna CO<sub>2</sub> egyenértékre csökken. Az Európai átlagnál 6–7 tonnával kevesebb volt az egy magyar állampolgárra eső emisszió 2009-ben. Ha lebontjuk ágazatokra az emissziókat az OMSZ által létrehozott oszlopdiagram információt ad a mennyiségi viszonyokról (KISKOVÁCS G., 2011) (5. ábra).



6. ábra. Az Üvegházgáz emissziók változása a referenciaévhez (1985) viszonyítva 2009-ig. Az első oszlop az 1985–87-es évek átlagát mutatja. LULUCF: földhasználat, földhasználat változás és erdészet (KIS-KOVÁCS G., 2011).

Az 6. ábrán látható, hogy 2009-ben az összes üvegházgáz kibocsátás 75,1%-ért az energia ágazat volt a felelős. A mezőgazdaság a második legnagyobb kibocsátó 12,5%-al, az ipari tevékenységek beleértve a vegyi anyag és egyéb termékek gyártását is összesen 6,8%-al, amíg a hulladékgazdálkodás 5,6%-al, járult hozzá 2009-ben a teljes hazai üvegházgáz kibocsátáshoz (7. ábra).



7. ábra. Az OMSZ által 2009-es évre számított teljes üvegházgáz készlet ágazatok szerinti százalékos megoszlása (KIS-KOVÁCS G., 2011. alapján).

A referencia évhez 1985-höz viszonyítva nagy változásokon ment át Magyarország a 2000-es évek végére (6. ábra). Az energia ágazat 39%-al, a mezőgazdaság 52,7%-al, az ipari tevékenységek általi kibocsátások 61,9%-al csökkent. Ugyanakkor a hulladék ágazat általi emisszió 25,7%-al nőtt. A LULUFC általi kibocsátások és elnyelések pedig erős változékonyságot mutatnak 1985 óta (KIS-KOVÁCS G., 2011).

Az üvegházgáz kibocsátás mennyiségét, ahogy azt az előzőekben is írtam (lásd 1.1-es összefüggés), az adott antropogén tevékenység és az ahhoz tartozó emissziós faktor befolyásolja. Előbbi teljes mértékben ország, illetve város specifikus, az alkalmazások mértékére általánosságban nem lehet pontos értéket adni. Emissziós faktora nem csak egy technológiai eljárásnak (például gépjármű üzemeltetés), hanem élőlényeknek is van. Antropogén tevékenységnek az állattenyésztés (pl. az állatállomány növekedése során nő a metán kibocsátás), és a haszonállatok metán kibocsátása (pl. szerves trágya kezelése antropogén tevékenység), amelyek nagymértékben hozzájárulnak a teljes antropogén metán emisszióhoz.

Fontos megjegyezni, hogy az IPCC metodikába csak az antropogén tevékenységekkel összefüggő emissziók/nyelők tartoznak bele. Ettől függetlenül azonban számos kutatás szól például a vadállomány metán kibocsátásáról is (CRUTZEN P. J., et al. 1986; SWAINSON, N. M., et al. 2007; SWAINSON, N. M., 2011). Ezek már nem illenek az IPCC módszertanába, habár a vadállomány számának szabályozásában erőteljes az emberi beavatkozás (a vadgazdálkodás eszközrendszere).

### **2.3. Az emissziós faktorok**

A különböző folyamatok/tevékenységek (legyen az természetes vagy antropogén) során felszabaduló üvegházgázok és egyéb gázok időegység alatti mennyiségét emissziós faktorokkal lehet jellemezni. Emissziós faktorokat számos formában meg lehet adni, ami nagyban függ attól, hogy milyen ágazaton belüli forrás faktorát szeretnénk jellemezni. Általánosságban elmondható, hogy időegység alatt kiszabaduló vagy elnyelődő üvegházgáz tömege (mivel most elsősorban az IPCC irányelvek metodikáját vizsgálom) adja meg a forrás vagy nyelő emissziós faktorát. A könnyebb összehasonlíthatóság érdekében ezt az értéket gyakran átszámítják szén-dioxid egységekre (CO<sub>2</sub>-egyenérték).

Az emissziós faktorok létrehozása idő és pénz igényes feladat, s nagy szakértelmet kíván, viszont reprezentatív lehet egy adott régió, ország ÜHG készletét tekintve. Az 1996-os IPCC irányelvek, és a 2000-es GPG (Helyes Gyakorlati Irányelvek – Good

Practice Guidance) irányelvek rendelkeznek alapértelmezett emissziós faktorokkal, a legfőbb forrás és nyelő esetén. E faktorok közül számos ország- illetve régió-specifikus adat van, de általánosan nincs minden országra és régióra emissziós faktor vonatkoztatva. Az IPCC létrehozott egy interneten elérhető emissziós faktor adatbázist (Emission Factor Data Base – EFDB), mely tartalmazza az általa használt emissziós faktorokat és további adat bővítési lehetőségeket is biztosít, amelyből kiszámítható az antropogén kibocsátás és elnyelés általi üvegházgáz készletek mennyisége, továbbá rendelkezik a készlet kiszámításához szükséges háttér adatokkal is (IPCC-EFDB, 2007).

Minden kisebb ágazatnak megvan a maga emissziós faktora, melyet az IPCC alapértelmezett faktorokként tárol, adott alkalmazási korlátok mellett. A mezőgazdasági ágazat metán kibocsátásáért leginkább az állattenyésztés a felelős. Az állattenyésztésen belül is a haszonállatok bélfermentációja során keletkező metán, illetve ugyanezen állatok szerves trágyájából kilépő metán emelhető ki. A továbbiakban a bélfermentáció útján kilépő metán fajra jellemző emissziós faktorairól, és azok alkalmazási korlátairól lesz szó.

### *2.3.1. A haszonállatok bélfermentációra vonatkozó metán emissziós faktorai*

A metán, mint ÜHG antropogén forrásai közül az állattenyésztés általi emissziók a legjelentősebbek, így a haszonállatok emisszióinak vizsgálata elengedhetetlen a teljes antropogén metán kibocsátás mértékének megállapításához. A legnagyobb metán kibocsátók a kérődzők, de emellett nem hanyagolhatóak el az egyéb állatok sem (sertés, házinyúl, szárnyasok).

Emissziós faktoron azt a becsült metán kibocsátást értjük kg-ban, vagy g-ban kifejezve, amit egy faj egyede egységnyi idő alatt (általában év, de lehet nap is) bocsát ki (a nyelők itt nem tartoznak bele a definícióba). A haszonállatok emissziós faktorai függenek az adott fajtól és az elfogyasztott takarmánytól is. Az emissziós faktorok értékét alapvetően, két megközelítésben lehet megbecsülni (IPCC-GPG, 2000).

A leginkább egyszerű a Tier 1 módszer, (a jelen dolgozatban is használt módszer) mely alapértelmezett emissziós faktorokat használ korábbi kutatások alapján és régiók szerint csoportosítja azokat. A régiók között is két típus van. Az egyik csoportosítási mód a szarvasmarhák sokféleségéből ered (ez értendő a széles földrajzi elterjedésen, a diverzitáson és a szarvasbika, fejőstehén közötti emisszió különbségeken), ennek alapján 8 csoportot különít el az IPCC, melyek a következők: Észak-Amerika, Nyugat-Európa, Kelet-Európa, Óceánia, Latin-Amerika, Ázsia, Afrika, Közel-Kelet és az indiai

szubkontinens (IPCC-GPG, 2000). A másik csoportosítási mód a többi házasított állatra alkalmazható, aszerint, hogy fejlődő vagy fejlett országokkal foglalkozunk. (CRUTZEN P. J., et al. 1986). Ehhez a csoporthoz tartozó haszonállatok a következők: bőlény, birka, kecske, teve, ló, öszvér, sertés. Ezen felül az IPCC metodikájába nem tartozó egyéb állatok emissziós faktorai is szóba jönnek (GIBBS, M. J., – JOHNSON, D. E., 1993; CRUTZEN P. J., et al. 1986). A 4. táblázat az előbb említett állatok emissziós faktorait mutatja be. Látható, hogy a birka és a házi sertés esetében vannak csak különbségek a fejlett és a fejlődő országok esetében, viszont a faktorok  $\pm 20\%$ -os bizonytalansággal terheltek, ami a Tier 1-es metodika egyik legnagyobb hátulütője.

4. táblázat. Az IPCC alapértelmezett emissziós faktorai haszonállatokra (Forrás: GIBBS, M. J., – JOHNSON, D. E., 1993; CRUTZEN, P. J., et al. 1986).

Bélfermentációból származó metán emissziós faktorok (kg/egyed/év)		
Haszonállatok	Fejlett országok	Fejlődő országok
bőlény	55	55
birka	8	5
kecske	5	5
teve	46	46
ló	18	18
öszvér és számár	10	10
sertés	1,5	1

A Tier 1 metodikában szereplő faktorok a takarmány bevitel meghatározásán és a takarmányból származó energia metánná alakításán alapulnak. A takarmánybevitel szerepe az állat alapvető életfunkcióinak biztosítása, melybe beletartozik a növekedés, a reprodukció, a munkavégző képesség és az utódgondozás. A takarmánybevitel mennyiségének becslésére a regionális és lokális haszonállat karakterisztikák szolgálnak. Ezek közé tartozik a populációk korszerinti eloszlása, tömege, a tömeggyarapodás illetve csökkenés üteme, az állat munkavégzésének mennyisége, a születések száma évente, stb. Az elfogyasztott takarmány metánná alakulása a takarmány fajtájától függ (pontosabban raktározott energia tartalmától). Elmondható hogy az alacsony minőségű takarmányoknak fokozottabb a metánná alakítása, mint a jobb minőségű takarmányokénak. A takarmány minősége szintén régiófüggő (IPCC,1997).

A Tier 1 megközelítés legnagyobb hátránya az emissziós faktorok bizonytalansága, hiszen nem ország specifikusak.

A Tier 2 metodika bizonytalansága jóval kisebb, mint a Tier 1-é, viszont összetettebb felépítésű és nagy az adatigénye (IPCC-GPG, 2000; IPCC, 2006; KIS-KOVÁCS G., 2011). Ebből kifolyólag a Tier 2 módszertan részletessége már nem fér bele a jelen dolgozat kereteibe.

### *2.3.2. A kérődző nagyvadak és egyéb állatok metán emissziós faktorai*

Az IPCC irányelveiben a nagyvadak emissziói nem szerepelnek, mivel antropogén tevékenységhez nem kötik őket, habár a vadgazdálkodás – ahogy említettük – már antropogén hatás. A metán állattenyésztésen kívüli kibocsátását a vadgazdálkodás nagyvadjaira számított kibocsátások egészíthetik ki, ami a teljes antropogén tevékenységhez köthető metán kibocsátás pontosítását eredményezi.

Kérődző vadak, és egyéb más állatok metán kibocsátásának meghatározása számos akadályba ütközik, ezek közül a következők sorolhatóak fel (HRISTOV, A., 2011):

- a populáció egyedszáma pontosan nem határozható meg (habár vannak vadgazdálkodási értékek, de azok is csak becslések),
- az egyedenkénti emisszió, vagy az elfogyasztott takarmányból származó emissziók értéke is nehezen határozható meg a teljes populációra. E bizonytalanságok a következő okokra vezethetők vissza: a vadon élő állatok által elfogyasztott takarmány minősége nehezen követhető; a takarmány adott egységéből felszabaduló metán mennyisége szintén bizonytalan; továbbá nem ismert a napi elfogyasztott takarmány mennyisége sem. Erre is csak becsléseink vannak.

Egy 1998-as kutatásban GALBRAITH, J. K., et al. bölény, jávorszarvas és szarvas metán kibocsátását becsülte meg, ellenőrzött körülmények között (az állatokat karámokban tartva), ismert takarmány segítségével. Ebből az is következik, hogy az ismert takarmány nem reprezentálhatja teljesen a természetes körülményeket, valamint a karámokban tartott állatok viselkedése és ezáltal a tápanyag lebontása sem lesz természetes (GALBRAITH, J. K., et al. 1998). Az eddigiek alapján még mindig ez a vizsgálat a leginkább elfogadott HRISTOV, A., 2011-es cikke alapján.

A legtöbb szakirodalom CRUTZEN, P. J., et al. (1986) munkájára hivatkozik, melyben nemcsak a haszonállatok metán emisszióit és emissziós faktorait becsülte meg, hanem a vad kérődzők, egyéb növényevő állatok és az emberi metán kibocsátását is számszerűsítette. Az emberi metán kibocsátás emissziós faktora egyébként

0,05 kg CH<sub>4</sub>/fő/év. Meg kell jegyezni, hogy az emberi szervezetben (a bélrendszerben) található metanogén baktériumok által termelt metán mennyisége személyenként nagymértékben változik. Egy 1949-es kutatás alapján az akkori népességszám figyelembevételével KIRK, E., (1949) 0,1 Tg/év-re becsülte a teljes emberiség metán kibocsátását, ami a teljes antropogén metán kibocsátás töredéke. Későbbi kutatások ugyanerre az eredményre jutottak (MATHINSEN, D., – FLEMING, S. E., 1982).

Az emberi metán emisszió kivül CRUTZEN, P. J., et al. 1986-os munkájában számos állatfaj metán emissziós faktorát megbecsülte (5. táblázat), például a Serengeti parkban élő zsiráfokét (50 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), elefántokét (26 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) és rinocéroszokét (15 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év).

A dolgozat szempontjából azok a nagyvadak emelhetők ki, amelyek Magyarországon is előfordulnak, de egyelőre tágabb értelemben vizsgáljuk e nagyvadak emissziós faktorainak változatosságát. CRUTZEN, P. J., et al. (1986) a mérsékelt öv északi régióiban élő vad kérődzők metán emissziós faktorait és kibocsátásait vizsgálta (egyéb állatfajok mellett). Ezek közül néhányat mi is felhasználtunk a dolgozatban. A jávorszarvas (*Alces alces*) mint általánosságban a legnagyobb testtömegű szarvasfélék családjába tartozó faj (MESTER K., 2000.) évente 31 kg metánt bocsát ki egyedenként, ami nem mérhető össze más szarvasfélék emissziós faktoraival. A virginiai szarvas (*Odocoileus virginianus*), a gímszarvas (*Cervus elaphus*), a rénszarvas (*Rangifer tarandus*) és egyéb hasonló méretű szarvasok, egy emissziós faktor kategóriába tartoznak, ami CRUTZEN, P. J., et al. 1986-os munkája szerint 15 kg/egyed/év metánt jelent, amíg a kisebb testű őz mindössze 3 kg metánt bocsát ki egyedenként évente (lásd 5. táblázat).

5. táblázat. CRUTZEN, P. J. et al., (1986) által becsült emissziós faktorok a Serengeti Nemzeti Park állataira, illetve a jávorszarvasra, gímszarvasra, őzre és az emberre.

Egyéb állatfajok és az ember metán emissziós faktorai (kg/egyed/év)			
Kérődzők	EF	Nem kérődzők	EF
zsiráf	50	elefánt	26
bivaly	34	víziló	17
jávorantilop	27	rinocérosz	15
gnú	13	zebra	5
impala	5	varacskos disznó	1
Thomson gazella	2		
jávorszarvas	31	ember	0,05
gímszarvas	15		
őz	3		



Az emissziós faktorok sokfélesége nem csak a takarmány és annak elfogyasztásának a bizonytalanságából ered, hanem a vad életkorából és tömegéből is. Egy új-zélandi kutatás alapján (SWAINSON, N. M., et al. 2007), azt bizonyították be 20 darab gímszarvas ellenőrzött körülmények közötti vizsgálata során, hogy a 4,5; 6,5; 9; és 11,5 hónapos egyedek közötti metán emisszió értéke 26–26%-kal növekszik a korral. Tehát ha a gímszarvas állomány teljes metán kibocsátását a felnőtt egyedekhez tartozó emissziós faktorokkal számítjuk ki, akkor egy a valóságnál magasabb értéket kapunk. SWAINSON, N. M., egy későbbi 2011-es kutatásában hasonló eredményre jut, ahol például a 6 hónapos gímszarvas borjak metán kibocsátása átlagosan 12,4 kg/egyed/év, amíg egy felnőtt egyedé 14,8 kg/egyed/év (7. táblázat). A gímszarvas felnőtt állományának metán emissziós faktorai között is vannak jelentős különbségek. Erre jó példa egy másik szintén Új-Zélandon végzett kutatás, ahol egy gímszarvas átlagos metán kibocsátására 19,7 kg/egyed/év körüli érték adódott (WRATT, D. S. et al., 2000). Láthatjuk tehát, hogy nehéz pontos értéket adni, még ellenőrzött körülmények között is a vadállomány metán kibocsátására. (A magyarországi gímszarvas állomány metán emisszió becslése során még foglalkozom a témakörrel).

### **3. A magyarországi haszonállatok egyedszám változása, a bélfermentáció során keletkező metán emisszió értékei**

Az IPCC irányelvek alapján 2011-ben az Országos Meteorológiai Szolgálat elkészítette Magyarország Nemzeti Üvegházgáz Készlet jelentését, melyben ágazatonként értékeli az üvegházgázok emisszió változását. Számunkra a mezőgazdasági ágazaton belül a bélfermentációs hatások elemzése érdekes.

Az OMSZ jelentése alapján, Magyarországon a vezető metán kibocsátó haszonállatok közül a szarvasmarha, tehén és a birka emelhető ki. A bélfermentációs metán kibocsátás mértékét első sorban az állatok létszáma, kora, a tartási körülményei, és a takarmány milyensége befolyásolják. 2009-ben a teljes mezőgazdasági ágazat emissziójából 62,3%-ot tett ki a bélfermentáció általi kibocsátás (KIS-KOVÁCS G., 2011).

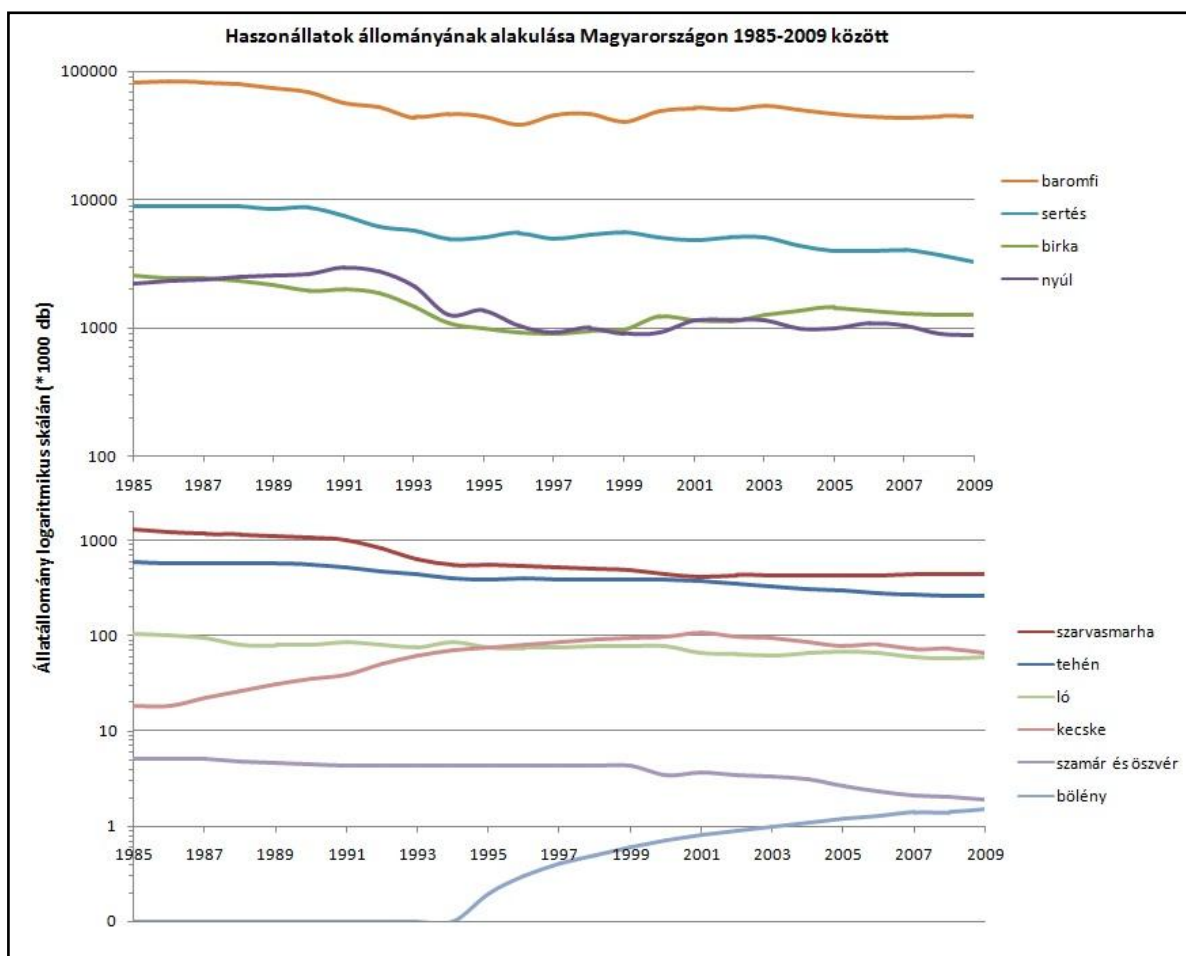
Az OMSZ-nál alkalmazott metodika az IPCC-GPG 2000-es irányelvein alapult. A Tier 1 módszertant alkalmazták a haszonállatokra, kivéve a tehenre és a szarvasmarhára (ebben a két esetben a Tier 2-t és az országra reprezentatív emissziós faktorokat használtak). A Tier 1 alapján számítható metán emissziót az állatállomány

mennyiségének és az adott faj emissziós faktorának a szorzata adja. Az állatállomány becslése haszonállatok esetében természetesen pontosabb, mint a vadaknál. Az OMSZ a Központi Statisztikai Hivatal (továbbiakban KSH) adatbázisából gyűjtötte össze 1985 és 2009 közötti évek haszonállat állomány adatait, melynek alakulását a 8. *ábra* mutatja be. Az adatállomány pontosságát 95%-os konfidencia intervallumon határozták meg, tehát összességében az állatállomány darabszámának a súlyozott átlagban vett hibája  $\pm 5\%$  körüli (KIS-KOVÁCS G., 2011).

A 8. *ábra* az egyes haszonállatok mennyiségi adatait logaritmikus skálán mutatja be a vizsgált időszakban (az adatok ezerszeres darabszámban értendők). Látható, hogy a tehén állomány és vele a szarvasmarha állomány is (bár az utóbbi 2001-óta stagnál), illetve a szamár, öszvér, ló és sertés állomány fokozatosan csökken. A baromfi, a nyúl és a birka állomány is csökkenő trendet mutatott körülbelül 1995-ig, majd kisebb ingadozásokkal állandósult. A kecske állomány ezzel szemben 2001-ig növekedett, azóta kis mértékben csökken. A természetvédelmi tevékenység eredményeként újra betelepítették a bölényt – melynek egyedszáma még ma se éri el a 2000-et. Az állomány azonban 1994-óta fokozatosan növekszik.

Az emissziós értékek meghatározásánál az IPCC metodikát alkalmazta az OMSZ. Becsülték a számunkra fontos bélfermentációból származó emissziós faktorok hibáját, ami a hazai számításokban  $\pm 20 - \pm 50\%$  közötti az OMSZ becslése alapján. Látható, hogy amíg az állatállomány becslése mindössze  $\pm 5\%$  körüli hibával terhelhető addig az emissziós faktoroknak ennél jóval nagyobb a bizonytalansága.

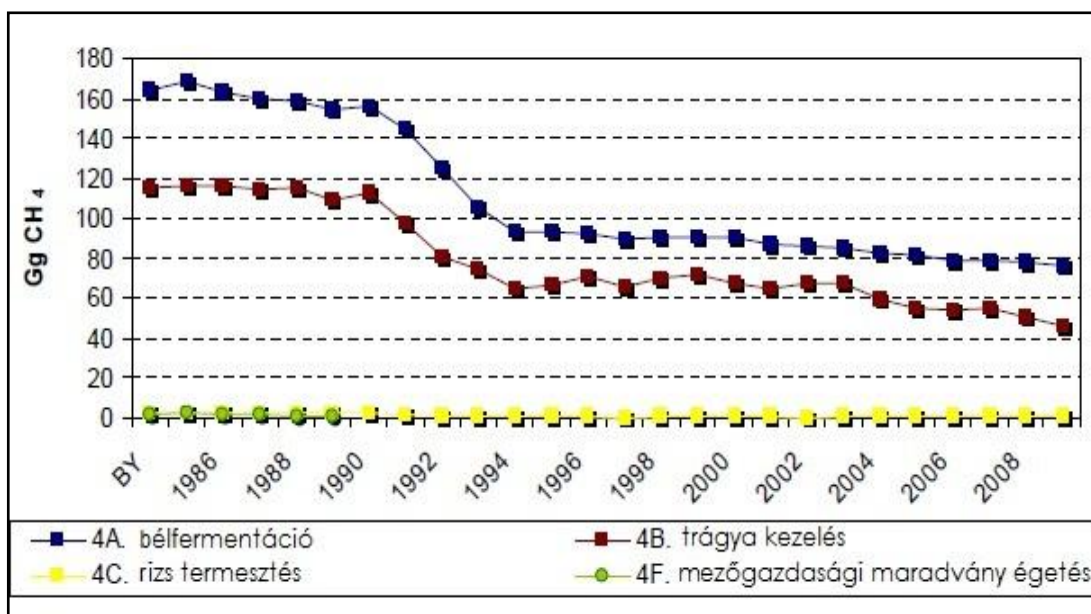
A Tier 2 módszertan alapján az OMSZ évekre lebontva kiszámította a tehén (106–131 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) és a szarvasmarha (51–57 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) bélfermentációból származó metán emissziós faktorait (KIS-KOVÁCS G., 2011). A szárnyasokra, vagy baromfiakra 0,015 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év értéket MINONZIO, G., et al. 1998 alapján határozták meg, amíg a nyulak 0,08 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év értékét az olaszországi országos üvegházgáz készlet 2008-as jelentéséből szerezték be. A további haszonállatok emissziós faktorai az IPCC alapértelmezett emissziós faktorai lettek a fejlett ország kategóriából (lásd 4. táblázat).



8. ábra. A haszonállatok egyedszámának trendjei 1985 és 2009 között Magyarországon a KSH adatbázisa alapján.

A teljes bélfermentációból eredő házasított állatok metán kibocsátásának a bizonytalansága, figyelembe véve az állatállomány és az emissziós faktorok becsléséből származó bizonytalanságokat 13%. Az OMSZ jelentése szerint ez az érték kisebb a korábbi jelentések bizonytalanságához képest (KIS-KOVÁCS G., 2011).

A mezőgazdasági ágazat metán kibocsátása 1985-től 2009-ig 56,7%-kal csökkent. A legjelentősebb csökkenés a rendszerváltozás utáni (1990–1995) évekre esett, ami nem csupán a metán kibocsátásban, hanem a többi mezőgazdaságból származó üvegházgáz trendjében is érvényesült. A 9. ábra a metán mezőgazdaságból származó forrásait mutatja be. Itt a bélfermentációból származó metán mennyisége a legnagyobb.



9. ábra. A mezőgazdasági ágazat metán kibocsátása Gg-ban megadva (Forrás: OMSZ).

A haszonállatok egyedszámával szoros kapcsolatban áll a képződő szerves trágya mennyisége, amelynek kezelése során további metán képződik. A 9. ábrán látható, hogy a két görbe (belfermentáció, trágyakezelés) trendje követi egymást. A rizstermesztés (mely Magyarországon a teljes metán kibocsátás csupán 0,4%-át teszi ki) és a mezőgazdasági területeken fellelhető maradványok elégetése (mely az 1990-es évek után elhanyagolhatónak tekintendő a jogrendszer szabályozásai miatt) a teljes hazai mezőgazdasági metán kibocsátásában elhanyagolható (KIS-KOVÁCS G., 2011). A 8. ábra arról is ad információt, hogy a belfermentáció általi teljes metán kibocsátás a haszonállatoknál az 1985-ös 165 Gg/év értékről 70 Gg/év értékre csökkent 2009-re.

Összesítve elmondható, hogy Magyarországon a mezőgazdaságból származó metán kibocsátás 62,3%-ért a haszonállatok belfermentációja a felelős, ami a kismértékben csökkenő trendet mutat a csökkenő állatállomány miatt.

#### 4. A magyarországi nagyvadak (kérődzők és a vaddisznó) egyedszám változása, a belfermentáció során keletkező metán emisszió értékei

A következőkben az IPCC metodikájában nem szereplő, magyarországi kérődző nagyvad és vaddisznó állomány belfermentációjából származó metán kibocsátás becsléséről lesz szó, ami közvetve antropogén tevékenységhez, a vadgazdálkodáshoz kapcsolódik. Foglalkozom a nagyvadak populáció számának trendjeivel, elemzem a

metán kibocsátásukat, majd a gímszarvas állomány példáján bemutatom a becslések bizonytalanságát.

#### ***4.1. A vadak metán emissziójának jelentősége, az emissziós faktorok meghatározása***

A haszonállatok mellett Magyarországon számos nagyvad él. Ezeknek a metán emissziója nem elhanyagolható, habár populáció számuk alacsonyabb, mint a haszonállatoké (lásd 4.2.2.-fejezet).

A teljes metán kibocsátás pontosabb becslésének érdekében fontos a kérődző nagyvadak, egyéb növényevők és a kisebb testű gerincesek számbavétele. Megjegyezzük, hogy az antropogén hatás, mint befolyásoló tényező pozitív értelemben is jelen van, mivel bizonyos vadak kilövésével az ember megakadályozza azok túlszaporodását és a természet károsítását (például a túllegelés által). Magyarországon ma is jelenlévő nagyvadak a gímszarvas (*Cervus elaphus*), a dámszarvas (*Dama dama*), az őz (*Capreolus capreolus*), a muflon (*Ovis musimon*), és a vaddisznó (*Sus scrofa*).

Emellett számos kisebb testű gerinces vad él Magyarországon (mezei nyúl, fácán, fogoly, kóbor kutya, kóbor macska, róka, vadkacsa, vadlúd, dolmányos varjú, stb.), melyek metán kibocsátásának becslése további kutatások alapját képezheti, ezzel is pontosítva a teljes metán emissziót (MUNDAY, P. K., 1990; SUTTON, M. A., 2000).

A bélfermentációból származó metán kibocsátás becslésének alapjául a 2006-os IPCC irányelveket használtam, azon belül is a Tier 1 megközelítést. Szükség volt tehát az állatállomány számának a meghatározására, illetve az emissziós faktorokra (lásd 2.3.2.-fejezet). A két adat szorzatából megkapjuk, hogy egy évben az adott faj hány kilogramm metánt bocsát ki bélfermentáció következtében. A Tier 1 megközelítés bizonytalansága nagy, ezért ennek enyhítésére a gímszarvas példáján keresztül kiszámolom a különböző emissziós faktorok segítségével a metán emissziókat, figyelembe véve, hogy a gímszarvas borjak metán kibocsátása kisebb, mint a felnőtt egyedeké (lásd 6. táblázat). Ezt követően a kapott eredmények a többi faj bizonytalanságára is közelítő értéket adnak (lásd, 5.3.2.-fejezet).

## 4.2. *A vadállomány alakulása Magyarországon*

### 4.2.1. *A felhasznált adatbázis*

A vadállomány adatait az Országos Vadgazdálkodási Adattárból (OVA) gyűjtöttem ki, azon belül is a vadgazdálkodási statisztikai alapadatokból, amelyek az 1960–2010-es időszakra állnak rendelkezésre. Kigyűjtöttem a gímszarvas, a dámszarvas, az őz, a muflon és a vaddisznó becsült állományi adatait. A gímszarvas esetében a kor szerinti megoszlást is (felnőtt egyedek, borjak) elkészítettem (lásd, 4.3.2.-fejezet). A felnőtt egyedek számát a bikák és a tehenek számának összege adja. Megjegyezzük, hogy a gímszarvas adatokból hiányoztak a bika, a tehén és a borjú állományok értékei 1960 és 1969 illetve 1991 és 1995 között. A hiányzó adatokat a következő összefüggéssel pótoltam egy adott évre. Példaként a gímszarvas bikákra vonatkozó számítást mutatom be (tehenre és borjúra ugyanígy kell számolni).

$$Gsz(B) = (Sz(B) * Gö)/100,$$

ahol,  $Gsz(B)$  az adott év gímszarvas bikák száma,  $Gö$  az adott év gímszarvas állománya,  $Sz(B)$  a gímszarvas bikák százalékos aránya, amit a következőképpen számoltunk:

$$Sz(B) = (\bar{A}(B) * 100)/\bar{A}ö,$$

ahol,  $\bar{A}(B)$  az 1970-től 1990-ig és a 1996-tól 2010-ig tartó időszakok átlagolt értékei,  $\bar{A}ö$  az átlagos egyedszám.

Az emissziós faktorok összegyűjtésénél (lásd, 2.3.4.-es fejezet), sok esetben egyszerűsítésekkel kellett élnem. A vaddisznónál a házi sertésnél alkalmazott IPCC irányelvekben szereplő fejlett országbeli alapértelmezett adatot (1,5 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), amíg a muflonnál a birka IPCC alapértelmezett emissziós faktorát (8 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) használtam. Ennek oka, hogy az áttekintett szakirodalmakban nem szerepeltek vaddisznó és a muflon metán kibocsátásával kapcsolatos faktorok. Emellett mindkét faj nagyban hasonlít a haszonállat rokonára anatómiaiailag, bár az elfogyasztott takarmány szempontjából kevésbé, ennek ellenére közelítő értéket kaphatunk a két faj metán kibocsátásáról. A dámszarvas és az őz emissziós faktorára CRUTZEN, P. J., et al. (1986) nyomán gyűjtöttem össze (dámszarvas: 15 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év, őz: 3 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), amíg a gímszarvas értékeit több forrásból gyűjtöttem össze a

bizonytalanságok számszerűsítésére. A 6. táblázat ezeket a faktorokat összegzi, megjelölve a forrásokat.

6. táblázat. A gímszarvas (*Cervus elaphus*) bélfermentációjából származó metán emissziós faktori három szerzőtől felnőttekre és 6 hónapos borjú esetében.

<b>Gímszarvas bélfermentációból származó metán emissziós faktori</b>	
<b>Forrás</b>	<b>kg CH<sub>4</sub>/egyed/év</b>
Crutzen, P. J. et al., (1986), felnőtt egyed	15
Swainson, N. M. (2011), felnőtt egyed	14,8
Wratt, D. S. et al., (2011), felnőtt egyed	19,7
A három szerző átlaga, felnőtt egyed	16,5
Swainson, N. M. (2011), 6 hónapos borjú	12,4

#### 4.2.2. A nagyvadak állománybéli tendenciái

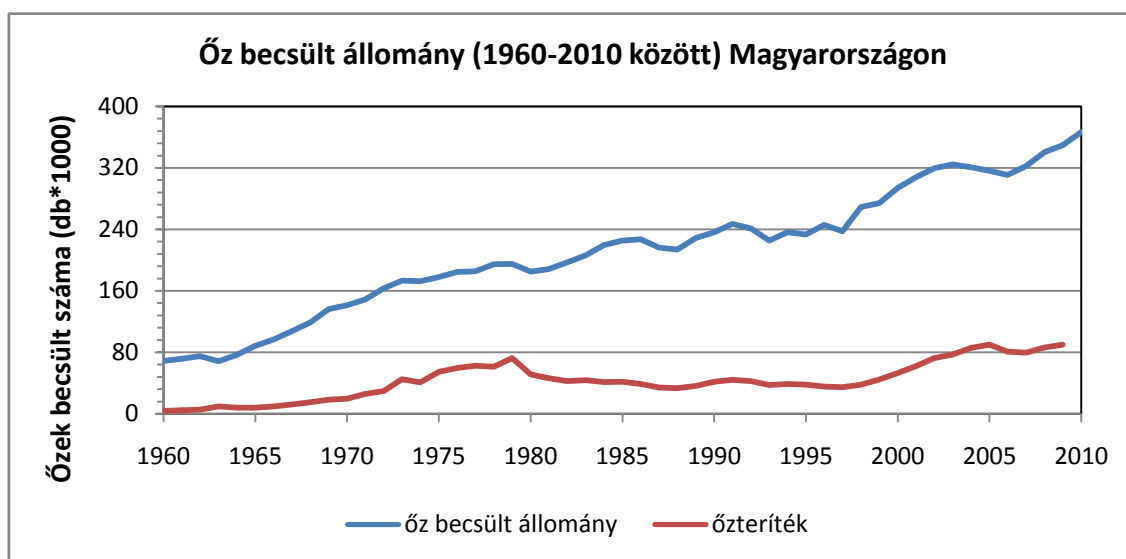
Mivel a metán kibocsátás mértékét nagyban befolyásolja az egyedek száma, ezért fontos, hogy megvizsgáljuk a vadgazdálkodási adatokból a vadak egyedszámának magyarországi trendjeit, valamint területi eloszlásukat.

A Vadgazdálkodási Adattár 1960–1995-ig tartó jelentésében fellelhető információk alapján a vizsgált 5 nagyvad tendenciáiról az alábbi tényeket állapíthatjuk meg: i) A gímszarvas állomány lineárisan növekedett a dunántúli és északi hegyvidéki területeken, amíg Bács-Kiskun megyében ez a növekedés még gyorsabb (exponenciális), ii) az erdőtelepítések következtében a dámszarvasok állománya is növekedett 1960 és 1995 között, iii) növekedett az őzek létszáma is a vizsgált időszakban, a terítékeik az ország különböző területein mennyiségileg változtak, illetve volt egy visszaesés a 80-as években (10. ábra). iv) Az 1990-ig folyamatosan növekedett a muflon állomány, majd csökkenésnek indult. v.) A vaddisznó országos elterjedtsége jól kimutatható a vizsgált időszakban, viszont a 90-es évek elején, egyes területeken csökkenést tapasztaltak (CSÁNYI S., 1996). A további tendenciákat az 1. mellékletben szemléltetjük. Itt mutatjuk be az egyes vadak és a terítékek számát (1960–2010), illetve a vadállományok elterjedtségét (2. melléklet) (2010).

Az 1994 és 1998-as rövidebb időszakban az új vadászterületek kijelölését követően a gímszarvas állomány 30–35%-al növekedett az ezt megelőző évekhez képest. A dámszarvas állomány 35–45%-al növekedett a kilencvenes évek végére az 1960-as



értékhez képest. Az őzállomány 1997-ben az előző évekhez képest 4%-al csökkent, ami vélhetőleg a borjak születésének a visszaesésével magyarázható (OVA, 2011. alapján).

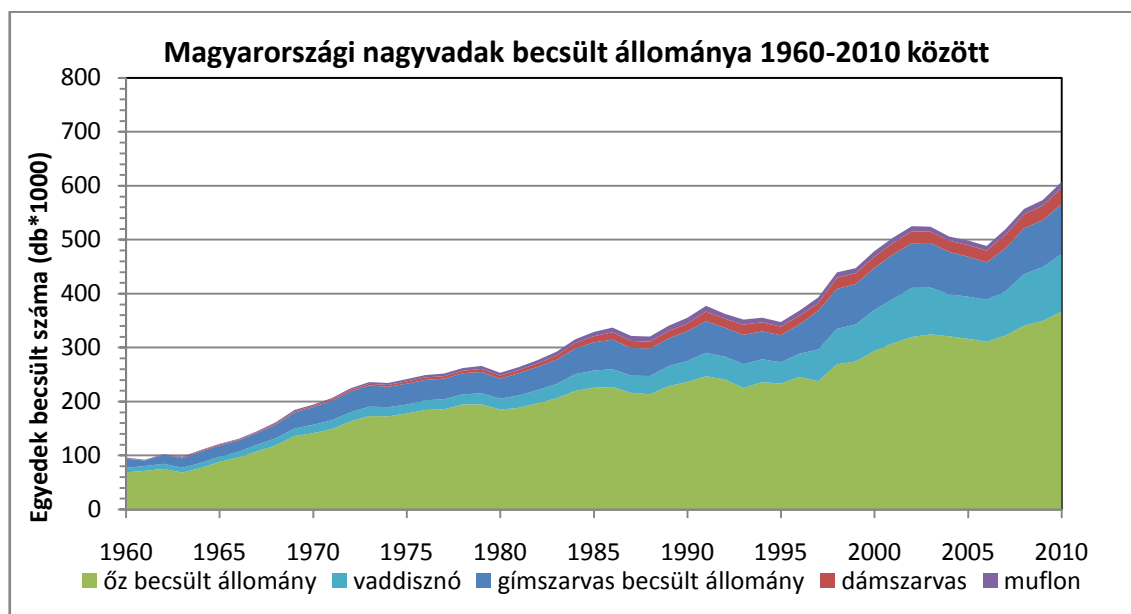


10. ábra. Az OVA alapján készített őz (*Capreolus capreolus*) állomány tendenciái Magyarországon 1960–2010 között.

A muflonok száma 1997-ben 14%-kal nagyobb volt az ezt megelőző időszakhoz képest, amíg terítékük erősen hullámzó tendenciát mutatott. A vaddisznó állomány 1997-ben 37%-al volt magasabb az előző évekhez képest, ami igen magas érték. Az eddigiekből általánosságban megállapítható, hogy az új vadászterületek kijelölését követően a nagyvadak létszáma jelentős mértékben növekedett (11. ábra). Ugyanakkor a vaddisznótól eltekintve a többi nagyvadfajok esetében a teríték többé-kevésbé stabil volt. Ez jelezheti, hogy a korábbi évek létszámai egyes fajoknál, a valóságban lényegesen alacsonyabbak voltak. A magasabb létszámok ellenére is lényegében stabil kilövések a nagyvad állományoknak a kilencvenes évek elején végrehajtott jelentős apasztást követő stabilizálódására utalhatnak (CSÁNYI S., 1999).

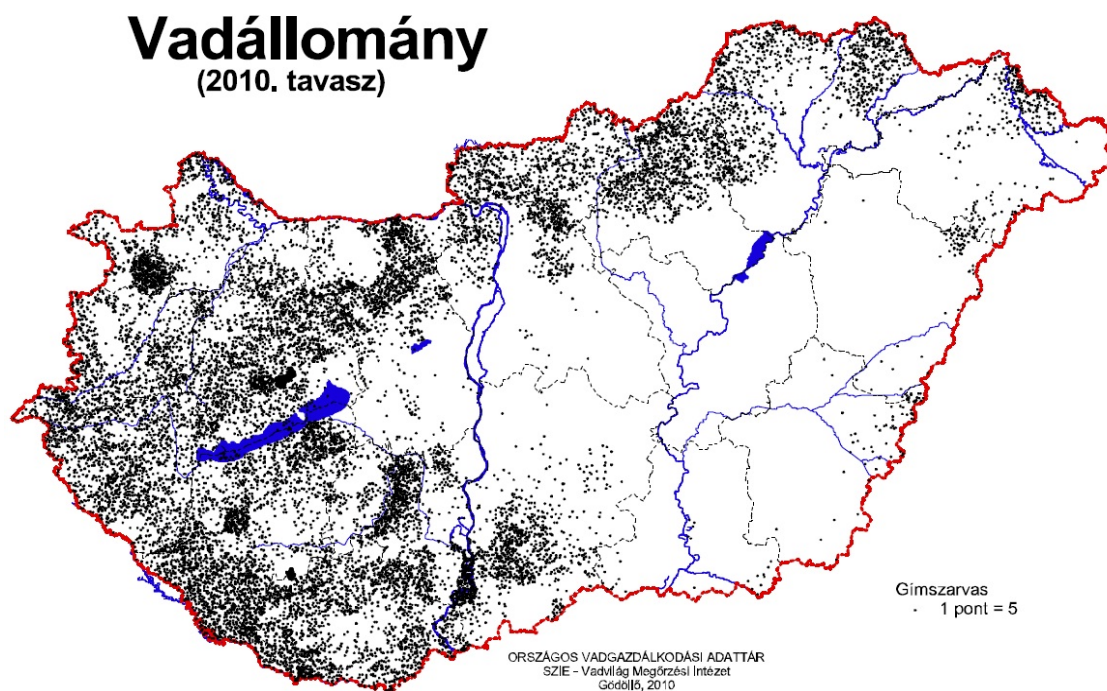
A 11. ábrán is látható, hogy az 1998 és 2004 évek között mind az 5 faj állománya növekedést mutatott, ezt követően a 2005-ös években a magasabb teríték szám fokozott állomány csökkenéshez vezetett, melynek a nagyvadállomány addigi intenzív növekedésének a visszaszorításában volt szerepe (CSÁNYI S., et al. 2005). A 2010-es évekig az állomány a nagy csökkenés következtében újabb növekedésbe kezdett (CSÁNYI S., et al. 2010). Az állomány létszámának alakulása az eddigiek alapján

jelentős mértékben a vadászattól függ. Ezáltal a nagyvad állomány metán emissziója a vadgazdálkodásnak köszönhetően részben az antropogén tevékenységekhez köthető.



11. ábra. A magyarországi kérődző nagyvadak és a vaddisznók becsült állománya az OVA alapján 1960-2010 között.

A kérődző nagyvadak és a vaddisznók magyarországi elterjedésének ismerete jelentős, mivel a metán kibocsátás országos mintázatát reprezentálja emissziós források terén. Ennek alapján az 5 nagyvad elterjedése a metán vadállomány emissziós forrásaival egyezik meg. A gímszarvas bár az erdősült területekhez köthető, az Alföld középső, déli és északkeleti részein is sikeresen megtelepedett (12. ábra). A dámszarvasok országosan szórtan szigetszerűen helyezkednek el, amíg a muflon elsősorban hegyvidéki területekre korlátozódik (Dunántúli-középhegység, Északi-középhegység.). Az őz az országban teljesen homogénen terjedt el, a vaddisznó az Alföld bizonyos területeit leszámítva szintén homogén elterjedést mutat (CSÁNYI S., 1999). A további elterjedéssel összefüggő térképek a 2. mellékletben találhatóak. A térképek összevetése alapján kimondható, hogy igen nagy átfedések jelentkeznek a vadak elterjedési területei között, melyek a metán kibocsátások átfedéseit is jelentik, ugyanakkor a bizonytalanság lokális szinten nagyobb, mint regionális szinten.

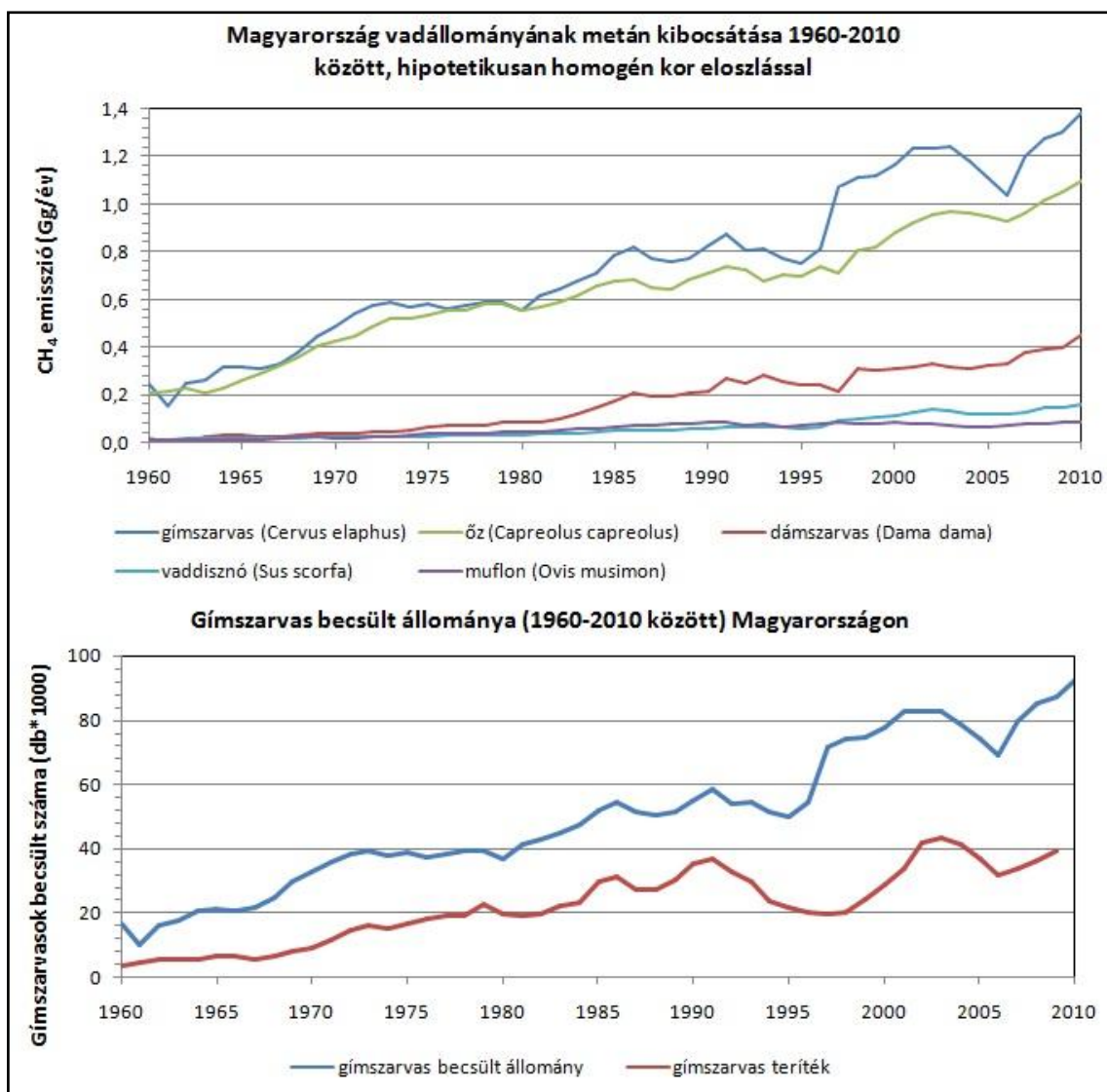


12. ábra. A gímszarvas magyarországi elterjedése az OVA 2010 tavaszi felmérése alapján.

### 4.3. A nagyvadak bélfermentációjából származó metán kibocsátás becslése

#### 4.3.1. Az adatok értékelése és értelmezése

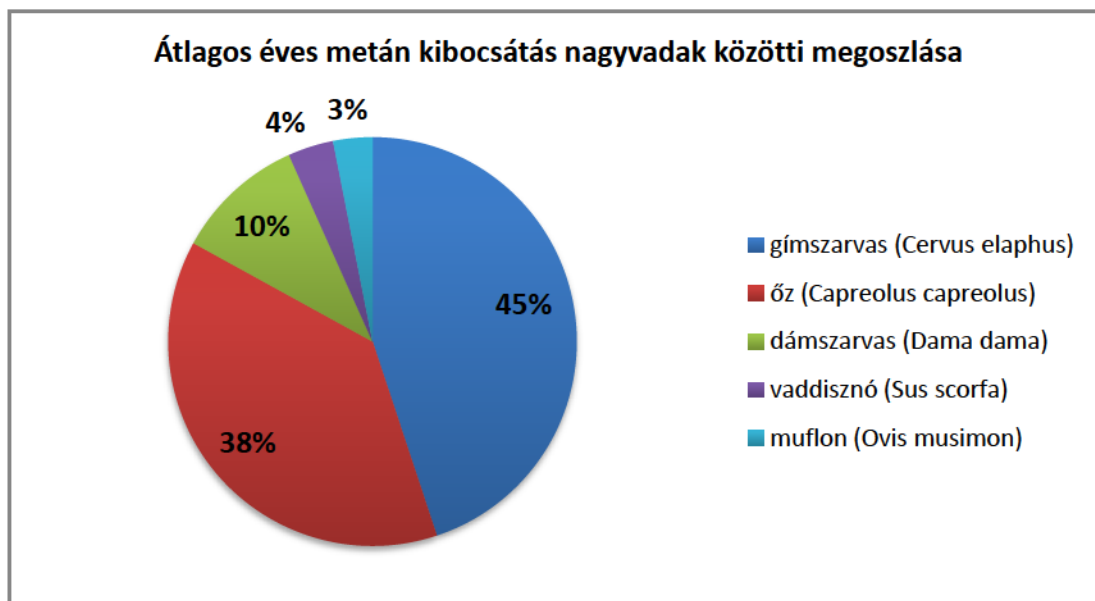
Az összegyűjtött adatokat excel táblázatba vittem, majd az éves egyedszámokat összeszoroztam a fajra jellemző felnőtt egyedre érvényes emissziós faktorokkal, így megkaptam a metán kibocsátást (Gg/év), 1960 és 2010 közötti időszakra. Évekre lebontva összegeztem a nagyvadfajok metán emisszióit, melynek a tartománya 0,49 Gg/év és 3,18 Gg/év közötti volt az 1960–2010-es időszakban. Ez alatt a 40 év alatt az 5 magyarországi nagyvad metán emissziója körülbelül a 2,7-szeresére emelkedett. Az emisszió emelkedésének az oka, a vadállomány egyedszámának növekedése (4.2.2.-fejezet). Ezt bizonyítja a 13. ábra, melynek alsó részén a gímszarvas állomány egyedszámának változása (1960–2010) szerepel, amíg a felső ábrán az 5 vizsgálat alá vont magyarországi nagyvad metán emissziói szerepelnek ugyanebben az időszakban. Látható a 13. ábrán, ha a gímszarva metán görbéjét nézzük (felső ábra), hogy a menete megegyezik az egyedszám változás menetével (alsó ábra).



13. ábra. Felső ábra: A bélfermentációból származó metán kibocsátás trendjei Magyarország 5 nagyvad állományára, azonos kor eloszlással élve, felnőtt egyedekre nézve. Alsó ábra: A gímszarvas állomány alakulása Magyarországon 1960–2010 között az OVA adatai alapján.

Megjegyezzük, hogy a 13. ábra felső részén nincs figyelembe véve a populációk heterogén kor eloszlása, erre a következő fejezetben a bizonytalanságok becslésénél térünk ki.

A legnagyobb metán kibocsátó a 80-as évektől a gímszarvas állomány, amely átlagosan a 40 év leforgása alatt évente 0,7 Gg/év metánt bocsájtott ki. Ezt követi szorosan az őz állomány 0,6 Gg/év metán kibocsátással (14. ábra). E két faj a vadállomány metán kibocsátásának 83%-át teszi ki. A maradék 17% pedig a dámszarvas, a vaddisznó és a muflon kibocsátása. A 13. ábra felső részén látható, hogy a gímszarvas és az őz állomány metán kibocsátása elkülönül a másik három faj metán kibocsátásától.



14. ábra. Magyarország nagyvadjainak bélfermentációból származó metán kibocsátás, fajok közötti éves átlagos aránya.

A nagyvadállomány metán kibocsátása 0,4–3,1 Gg/év között mozog a vizsgált években, mely érték a vadállomány egyedszámának növekedésével továbbra is növekvő tendenciát mutat. A teljes vadállomány (kisebb testű gerincesek) metán emisszióinak felmérése pontosabb képet adhat a teljes vad emisszióról, ami további kutatások alapját képezi.

#### 4.3.2. A bizonytalanságok becslése a gímszarvas példáján

A kapott eredmények pontossága függ: i) a vadállomány egyedszámának bizonytalanságától, ii) a vadállomány korcsoport eloszlása alapján számított eltérő emissziós faktoroktól, illetve iii) az emissziós faktorok sokféleségétől.

Elsőként a korcsoport eloszlásból eredő bizonytalanságot határoztam meg. Ennek lényege, hogy a fiatal borjak metán emissziós faktora kisebb (6 hónapos gímszarvas borjú: 12,4 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év (SWAINSON, N., M. 2011)), mint a felnőtt egyedeké (átlagosan 16,4 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), így a teljes populációra jellemző metán kibocsátás becslésénél figyelembe kell venni a heterogén korcsoport eloszlást (7. táblázat). Ennek alapján számítottam heterogén korcsoportú gímszarvas állománnyal, mely azt jelenti, hogy figyelembe vettem a borjak számát és azok alacsonyabb emissziós faktorát a teljes metán emisszió becslésénél.

Az Országos Vadgazdálkodási Adatbázisban szerepelnek a gímszarvas állomány tehén, bika és borjú egyedszámai évekre lebontva. A hiányzó adatok pótlása a 4.2.1.-es

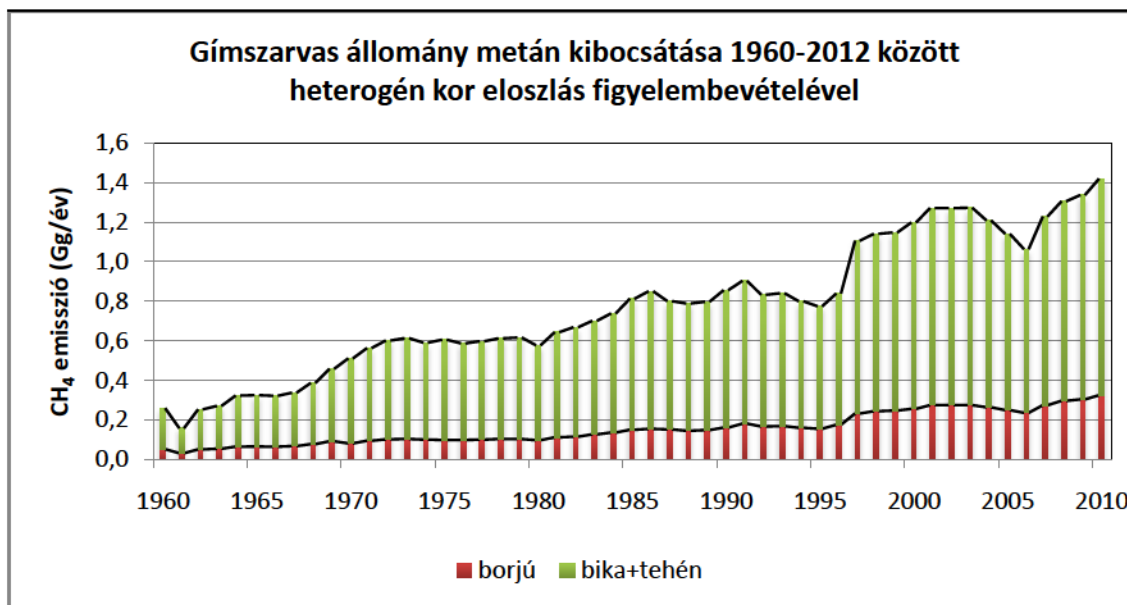
*fejezetben* szerepel. Az 1960–2010-ig tartó időszak értékeit átlagoltam és ennek alapján arra jutottam, hogy átlagosan a tehenek száma 40%, a bikák száma 35%, a borjak száma pedig 25% a teljes gímszarvas állományon belül. A felnőtt egyedek számát a bikák és a tehenek számának összegéből kapjuk, ami 75%.

7. táblázat. Gímszarvas bélfermentációból származó metán emissziós faktorok, különböző korú borjaknál és a 11,5 hónapos felnőtt egyednél. SWAINSON, M. N., 2011. munkája alapján.

Gímszarvasok bélfermentációból származó metán emissziós faktorok eltérő koroknál	
kor (hónap)	kg CH <sub>4</sub> /egyed/év
4,5	9,3
6	12,4
9,5	12,1
11,5	14,4

A felnőtt egyedeknél a 6. táblázatban szereplő (lásd 4.2.1.-fejezet) átlagos emissziós faktort használtam (16,4 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év). A 7. táblázatból SWAINSON, N. M., 2011-es munkájában szereplő 6 hónapos gímszarvas borjú emissziós faktor értékét (12,4 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) vettem alapul, mert az egy éves példányok felnőttnek tekinthetőek, így a fél éves borjakhoz tartozó emissziós faktor értékek reprezentálhatják a teljes borjú állományt (az 1 évnél fiatalabb gímszarvasok részletes kor eloszlásáról szóló adatokkal nem rendelkezünk). Az emissziós faktorok és a hozzájuk tartozó egyedszámok összeszorozása után, megkaptuk a metán kibocsátásokat éves lebontásban 1960 és 2010 között. A 15. ábra azt az intervallumot mutatja be, ahol a kor eloszlásból eredő emissziók bizonytalansága megmutatkozik. A 15. ábrán látható, hogy körülbelül 0,5 Gg/év metán kibocsátási különbség van átlagosan a borjak és a felnőtt gímszarvasok emissziói között. A 15. ábra megmutatja, hogy alacsonyabb egyedszámnál a különbség a borjú és a felnőtt példányok emissziói között kisebb, mint nagyobb egyedszám esetén. Például 1960-ban a két érték között csak 0,2 Gg/év különbség, amíg 2010-ben már 0,8 Gg/év különbség volt. A borjak metán emisszióinál a felnőttek metán kibocsátása átlagosan 74%-kal magasabb (a 40 éves idősor alapján). A kibocsátási arányok minden évben eltérőek lehetnek, mivel nem állandó a korcsoport eloszlás és az ahhoz tartozó egyedszám sem.



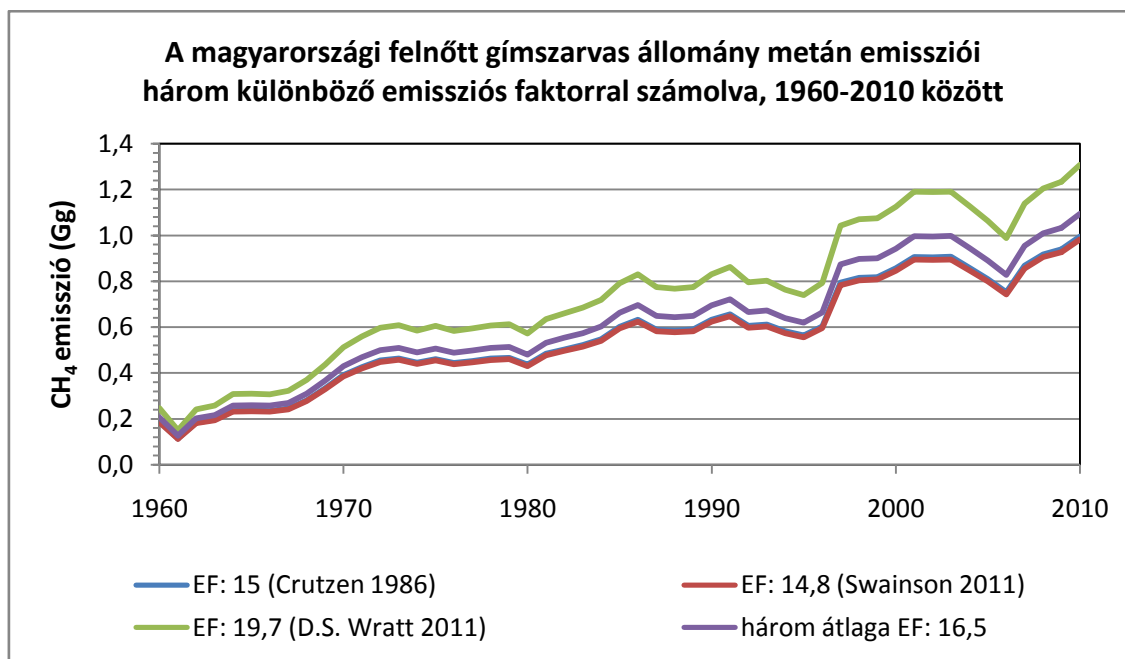


15. ábra. Magyarországi gímszarvas állomány (*Cervus elaphus*) metán kibocsátásának kor eloszlásából fakadó bizonytalansága. A piros oszlopok a borjak metán kibocsátását jelölik 12,4 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év (6 hónapos) emissziós faktorral számolva, amíg a zöld oszlopok a felnőtt egyedek (bikák és a tehenek egyedszámának összege) kibocsátását jelölik 16,5 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év emissziós faktorral számolva.

Az emissziós faktorok is bizonytalansággal terheltek. Három kutatásból gyűjtöttem össze az emissziós faktorokat felnőtt gímszarvas állományra (CRUTZEN, P. J., et al. 1986; SWAINSON, N. M., 2011; WRATT, D. S., et al. 2011), amelyek a 6. táblázatban szerepelnek (lásd 4.2.1.-fejezet).

Az egyedszámokat megszoroztam a kutatásokban szereplő emissziós faktorokkal. A 16. ábrán az irodalmi adatok, átlagos értékeit a lila görbe (az ehhez tartozó EF. 16,5 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), amíg a felső határt WRATT, D. S., et al. 2011-es munkájában szereplő faktor (19,7 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), az alsó határt pedig SWAINSON, N. M., 2011-es munkájában szereplő érték jelölte (14,8 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év). CRUTZEN, P. J., et al. 1986-os munkájában szereplő emissziós faktor (15 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) az átlagos érték kiszámításánál részt vett.





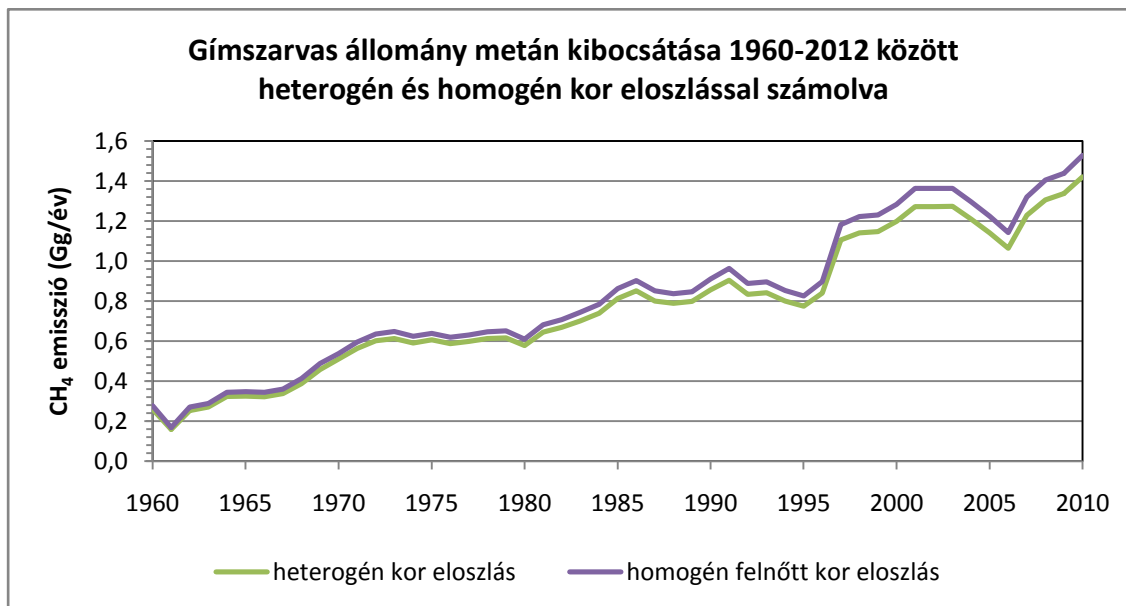
16. ábra. Magyarország gímszarvas állomány (*Cervus elaphus*) metán kibocsátása felnőtt egyedekre, homogén kor eloszlással CRUTZEN, P. J., et al. 1986. (EF: 15 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év); SWAINSON, N. M., 2011. (14,8 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év); és WRATT, D. S., et al. 2011. (EF: 19,7 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év), emissziós faktoraik alapján. A 15. ábrán található a borjak kibocsátása.

A 16. ábráról hasonló következtetések vonhatóak le, mint a 15. ábráról. A különbség csak az, hogy itt az emissziók számítása csak a felnőtt egyedekre történt, tehát a borjak kibocsátásait nem tartalmazza. Itt is tapasztalható, hogy az egyedszám növekedése nagyobb bizonytalanságot eredményez. 1960-ban ez a különbség az alsó és a felső határ között csak 0,06 Gg/év, amíg 2010-ben 0,32 Gg/év volt. A minimális értéknél átlagosan 25%-al nagyobb a maximális becsült emisszió, ami kisebb, mint a kor eloszlásnál (15. ábra) tapasztalt érték (74%).

Homogén korcsoport esetén azzal az egyszerűsítéssel éltem, hogy a teljes gímszarvas állomány felnőtt egyedekből áll, és jellemző rájuk a felnőtt egyedekre érvényes emissziós faktor. Ha az átlagos emissziós faktorról (16,5 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év) a teljes gímszarvas állomány kibocsátást (homogén kor eloszlás) ábrázolom a kor figyelembevételével módosított emissziókkal (heterogén kor eloszlás), akkor megkapom a kibocsátás eltérését és így a kibocsátás bizonytalanságát. A 17. ábra összevontan mutatja be az azonos kor eloszlású (felnőtt) átlagos emissziós faktorról becsült, és a heterogén kor eloszlású összesített egyedszámmal számított értékeket.

A lila görbe az átlagos emissziós faktorról számított metán kibocsátást jelöli. A 17. ábrán látható, hogy ha figyelembe vesszük egy állatállományban a korkülönbségből

eredő metán emisszió eltéréseket, akkor átlagosan 6%-kal alacsonyabb értékeket kapunk, mintha a teljes állományt azonos korú felnőtt állományként kezelnénk. Alacsonyabb egyedszámnál a különbség 0,02 Gg/év (1960), amíg nagyobb állománynál 0,11 Gg/év (2010). Az egyedszám növekedésével növekszik a metán kibocsátás és vele együtt nő a kibocsátás értékének a bizonytalansága is.



17. ábra. A gímszarvas állomány (*Cervus elaphus*) metán kibocsátása 1960–2010 között Magyarországon és annak bizonytalansága. A lila vonal jelöli a homogén kor eloszlású felnőtt egyedek átlagos 16,5 kg CH<sub>4</sub>/egyed/év emissziós faktorával számított kibocsátását, amíg a zöld vonal a heterogén kor eloszlású egyedek kibocsátását mutatja.

#### 4.3.3. Eredmények összegzése

A magyarországi nagyvadállomány 5 fontosabb hazánkban is jelenlévő fajain keresztül bemutatott metán emissziók a vadállomány egyedszámának növekedési ütemével megegyezve növekednek. A vadászat és ezáltal, a vadgazdálkodás beavatkozása elengedhetetlen az egyedszám túlzott növekedésének megállításában, ami egyúttal biztosítja az ökológiai egyensúly fenntartását, és a fokozott metán kibocsátás visszaszorítását. A gímszarvas állományon keresztül bemutatott bizonytalanságok érvényesek a többi állatfajra is, tájékoztató jelleggel. A gímszarvas esetén ez a bizonytalanság a homogén korcsoportú és a heterogén korcsoportú egyedekre jellemző összegzett emissziós faktorban hozzávetőlegesen 6%. A többi vadra természetesen nem pontosan ugyanezek az arányok lesznek jellemzőek, mivel eltérő korcsoport eloszlással

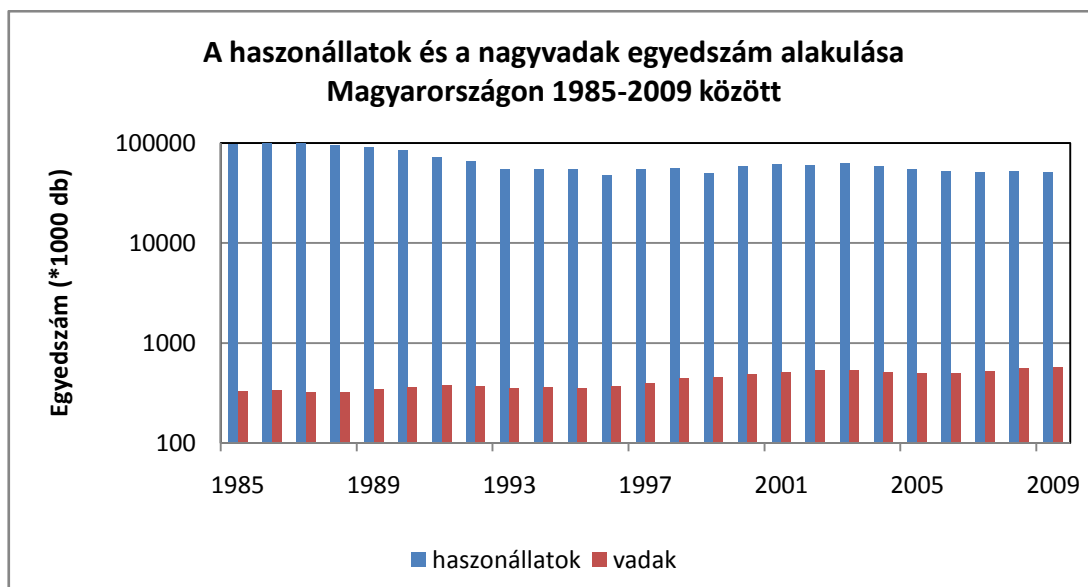
rendelkezhetnek (a felnőttek és a borjak aránya), ezért ezek pontosítása további adatgyűjtést és számításokat igényelnek.

## **5. A haszonállatok valamint a nagyvadak (a kérődzők és a vaddisznó) összehasonlítása**

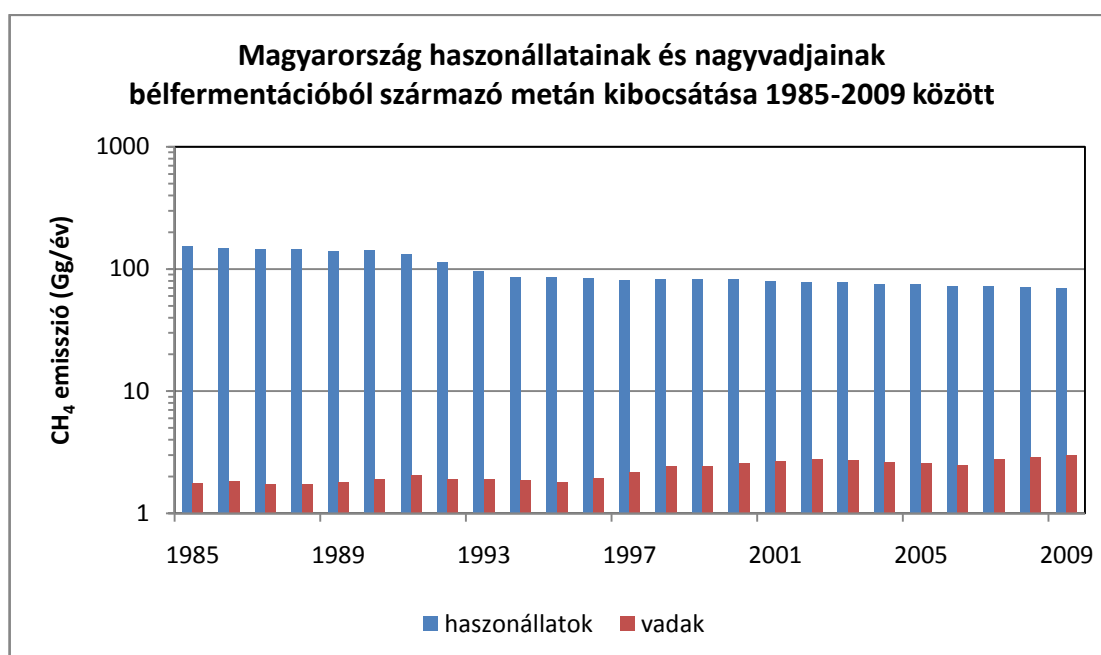
A kérődző nagyvadak bélfermentációjából származó metán kibocsátását érdemes összehasonlítani a haszonállatok metán kibocsátásával, ezzel jelezve a vadállomány szerepét.

Láttuk, hogy a metán kibocsátás szorosan összefügg az állomány egyedszámával, ezért elsőként ezt vizsgáljuk meg. A haszonállat állomány teljes egyedszáma (tehát a haszonállatfajok egyedszámainak évenkénti összegei) összességében csökkenő trendet mutat 1985–2009 között (amíg 1985-ben 97 millió körüli egyedszám volt, addig 2009-ben már csak 50 millió). 24 év leforgása alatt közel 48%-kal csökkent a teljes egyedszám, habár a 90-es évek végétől folyamatos ingadozást mutat. Ezzel szemben a nagyvadak (kérődzők és a vaddisznók) állománya fokozatosan növekszik, a vadgazdálkodás állomány visszaszorító szerepének köszönhetően ennek üteme nem jelentős. A teljes állomány száma 1985-ben még 328 ezer körül, addig 2009-ben már 573 ezer volt (ez 24 év alatt 43%-os növekedést jelent). A haszonállatok és a nagyvadak (kérődzők és a vaddisznók) csökkenő és növekvő trendjeinek üteme közel megegyezik az 1985 és 2009-es értékekhez viszonyítva (–47% – +43%), természetesen a számukban nagymértékű eltérés van (a haszonállatok száma átlagosan 164-szerese a vadaknak az 1985–2009-es időszakban) (18. ábra).

Az állomány egyedszámának változásából következik a metán kibocsátás trendje is. A 18. ábrával teljes mértékben megegyező trendet ír le a metán emissziója is (19. ábra), csak eltérő skálán. A haszonállat emissziók közötti eltérés 1985-ben még 151 Gg/év volt, ami 2009-ben 67 Gg/év értékre csökkent. Természetesen itt a döntő változás a házi sertés állomány és a szarvasmarha állomány sajnálatos csökkenése. Az átlagos különbség a haszonállatok teljes metán kibocsátása és a nagyvadak metán kibocsátása között 96,7 Gg/év az 1985–2009 időszakra. A nagyvadak (kérődzők és a vaddisznók) metán emissziója összességében a vizsgált 24 évben 1,7–3,0 Gg/év között, amíg a haszonállatok kibocsátása 153–70 Gg/év között mozgott. Ebből is látható, hogy nagyságrendi különbségek vannak a haszonállatok magas egyedszáma miatt, viszont az évek során a vadak egyedszámának növekedése következtében a különbség csökkent.



18. ábra. A haszonállatok és a nagyvadak állományának alakulása Magyarországon, 10-es alapú logaritmusos skálán ábrázolva (OVA, 2011 alapján).



19. ábra. A bélfermentációból származó metán emissziók közötti különbség a haszonállatok és az általam vizsgált nagyvadak között (a skála 10-es alapú logaritmusos).

Az 5 legfontosabb hazai nagyvad (4 kérődző és a vaddisznó) került számításba az egyedszám és a metán kibocsátás szempontjából, jeled dolgozatban. A valóságban ezek az értékek magasabbak, ha a teljes vadállományt (a háztartásokban illetve a vadon élő macskákat és kutyákat is) beszámoljuk, de még így is a teljes állatállomány metán kibocsátásáért a haszonállatok felelősek 98%-ban. A további vadak és azok

kibocsátásának számszerűsítése további kutatásokat igényel (SUTTON, M. A., et al. 2000; OVA, 2011). Végül megjegyezzük, hogy a teljes humán eredetű magyarországi metán kibocsátás 0,5 Gg/év nagyságú a 0,05 g/fő év emissziós faktorrall és 10 millió fővel számolva.

### **Összefoglalás**

A metán legjelentősebb forrása Magyarországon az állattenyésztés, azon belül is a kérődző haszonállatok és a sertések bélfermentációja (a mezőgazdaság 62,3%-a 2009-ben). Az IPCC 2006-os irányelvekben nem szereplő vadállomány metán emissziója (1,7–3,0 Gg/év) bár alacsonyabb a haszonállatok (beleértve a kis haszonállatokat is, pl. baromfi, nyúl) teljes kibocsátásánál (153–70 Gg/év), de a teljes antropogén tevékenységhez köthető metán emissziók pontosabb becsléséhez szükségeszerű a vadon élő egyéb állatok, sőt a házi kedvencek (kutyák és a macskák) metán kibocsátásának a számbavétele (SUTTON, M. A. et al., 2000). Megmutattuk, hogy a vadgazdálkodásnak köszönhetően a metán kibocsátás kisebb mértékű növekedést eredményez (a túlszaporodás megakadályozása által). A metodika bizonytalanságait a gímszarvas állomány példáján keresztül mutattam be, melynek eredményeül a kor eloszlás figyelembevételével alacsonyabb emissziók jelentkeztek (átlagosan –6%). A teljes vadak általi metán emissziók pontosabb becsléséhez a kisebb gerincesek emisszióinak számbavétele további kutatásokra ad indokot.

### **Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni munkám elkészítésében nyújtott segítséget témavezetőimnek, Dr. Weidinger Tamás egyetemi docensnek és Dr. Grosz Balázsnak. Köszönetet illeti Lovas Katalin (OMSZ) hasznos tanácsaiért és a magyarországi üvegházgáz leltár, valamint az IPCC-GPG 2000 kiadvány rendelkezésünkre bocsátásáért. Hálával tartozom családomnak, páromnak és barátaimnak a támogatásukért és segítségükért.

## Irodalomjegyzék

- AARNINK, A. J. A., – ELLEN, H. H. (2008): Processes and factors affecting dust emissions from livestock production. – (In): Dust Conf (2007): How to improve air quality. International conference, 23–24., Maastricht, Hollandia.
- ALTBÄCKER V. et al., (2007): Ökológia. – *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest. pp.: 350–357.
- BALOGH J. (2009): Gyepék szénmérleg-komponenseinek mérése és modellezése. – *Szent István Egyetem, Biológiai Tudományi Doktori Iskola*, Gödöllő. pp.: 16–18.
- BÉRCZI I. (2002): Szénhidrogének. – *Magyar Tudománytár 1. Föld, víz, levegő*; MTA Társadalomkutató Központ. Budapest., pp.: 286–297.
- BUTTERBACH-BAHL, K., et al., (2011): Nitrogen processes in terrestrial ecosystems. – (In): SUTTON, M. A. et al., (2011): The European Nitrogen Assessment. – *Cambridge University Press*, UK, USA. 100. p.
- CSÁNYI S. (1996): Vadgazdálkodási adattár 1960–1995. – *Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék*. Gödöllő. pp.: 1–2.
- CSÁNYI S. (1999): Vadgazdálkodási adattár 1994–1998. – *Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék*. Gödöllő. pp.: 2–3.
- CSÁNYI S., – LEHOCZKY R., – SONKOLY K. (2005): Vadgazdálkodási adattár 2004/2005. vadászati év. – *Szent István Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék*. Gödöllő. pp.: 3–4.
- CSÁNYI S., – LEHOCZKY R., – SONKOLY K. (2010): Vadgazdálkodási adattár 2009/2010. vadászati év. – *Szent István Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék*. Gödöllő. pp.: 3–6.
- CRUTZEN, P. J. (1973): A discussion of the chemistry of some minor constituents in the stratosphere and the troposphere. – *Pure Appl. Geophys.* pp.: 106–108.
- CRUTZEN, P. J., – ASELMANN, I., – SEILER, W. (1986): Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. – *Tellus* 38 B, 271–284.
- DAVIS, N. (2001): Permafrost: A Guide to Frozen Ground in Transition. – *Univ. of Alaska Press*, Fairbanks.

- ERNST-DETLEF S., – GASH J., – FREIBAUER A., – LUYSSAERT S., – CIAIS P. (2009): An Assessment of the European Terrestrial Carbon Balance. – *CarboEurope-IP*, Jena. pp.: 10–11; 5.
- ETHERIDGE, D. M., – STEELE, L. P. – FRANCEY, R. J. – LANGENFELDS, R. L. (1998): Atmospheric methane between 1000 A.D. and present: Evidence of anthropogenic emissions and climatic variability. – *J. Geophys. Res.*, 103(D13), 15.979–15.993.
- GALBRAITH, J. K., – MATHISON, G. W., – HUDSON, R. J., – McALLISTER, T. A., – CHENG, K. J. (1998): Intake, digestibility, methane and heat production in bison, wapiti and white-tailed deer. – *Can. J. Anim. Sci.* 78. pp.: 681–69.
- GCP (2011): Carbon budget and trends 2010. – Global Carbon Project. Website: [www.globalcarbonproject.org/carbonbudget](http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget) 2011. 12. 04.
- GIBBS, M. J., – JOHNSON D. E. (1993): Livestock Emissions. – *International Methane Emissions*, U.S. Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C.
- GOULDEN, M. L., et al. (1998): Sensitivity of boreal forest carbon balance to soil thaw. – *Science*, 279. pp.: 214–217.
- GROSZ B. P. (2010): Üvegházhatású gázok (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) talajfluxusainak meghatározása magyarországi mezőgazdasági és erdősült területeknél. – *Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, Kémiai Doktori Iskola*. pp.: 12–15., 18–22.
- HRISTOV A. (2011): Wild ruminants burp methane, too. – *Penn State Dairy Digest*. Penn State Department of Dairy and Animal Science.
- HUSVÉTH F. (2011): Termelésélettan. – *Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem*. Digitális tankönyvtár.
- HUTCHINGS, N. et al., (2009): 4.B Animal husbandry and manure management. – (In): EMEP/EEA (2009), Air pollutant emission inventory guidebook 2009. – *EEA*, Koppenhága. 3. p.
- IPCC (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC-GPG (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: CH<sub>4</sub> emission from enteric fermentation. – pp.: 297–300.

- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – HOUGHTON, J. T. et al., *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, USA, 881 pp.
- IPCC (2006a): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Overview: Cover. – EGGLESTON, S. et al., *Institute for Global Environmental Strategies*, Japan. pp.: 4–6.
- IPCC (2006b): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 1: Introduction. – RYPDAL, K. et al., *Institute for Global Environmental Strategies*, Japan. pp.: 4–9.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – PACHAURI, R.K. et al., *IPCC*, Geneva, Switzerland, 104 p.
- IPCC-EFDB (2007): Database on Greenhouse Gas Emission Factors, User Manual, Version 2.0., – *IPCC Task Force Bureau on National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC (2012): Intergovernmental Panel on Climate Change. – Website: [ipcc.ch](http://ipcc.ch)
- KHALIL, M. A. K., – SHAERER, M. J., (1993): Sources of methane: An overview: In: KHALIL, M.A.K. (Ed.) *Atmospheric methane: Sources, Sinks, and Role in Global Change*. Springer Verlag. pp.: 180–198.
- KIRK, E. (1949): The quantity and composition of human flatus. – *Gastroenterology* 12 (5), 782–794.
- KIS-KOVÁCS G., – HIDY D. et al., (2011): National Inventory Report for 1985–2009 Hungary, – *Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest. pp.: 5–7, 105–118.
- KSH (2012): Központi Statisztikai Hivatal, Táblák (STADAT), Website: <http://www.ksh.hu/stadat>
- LEMMENS, C.M.H.M. et al., (2006): End of season effects of elevated temperature on ecophysiological processes of grassland species at different species richness levels. – *Environmental and Experimental Botany*, 56. pp.: 245–254.
- LEVY, I.I.H. (1971): Normal atmosphere: Large radical and formaldehyde concentrations predicted. – *Science* 173. pp.: 141–143.
- LOULERGUE, L. et al., (2008): Orbital and millennial-scale features of atmospheric CH<sub>4</sub> over the past 800,000 years. – *Nature*, 453. pp.: 383–386.



- MACHON A. (2011): Egy tájléptékű füves ökológiai rendszer és a légkör közti nitrogén kicserélődés mértékének meghatározása mérések és modellszámítások alapján. – *Szent István Egyetem, Biológia Tudományi Doktori Iskola*, Gödöllő. 18. p.
- MATHINSEN, D., – FLEMING, S. E. (1982): Excretion of breath and flatus gases by humans consuming highfibre diets. J. – *Nutr.* 112. pp.: 1133–1143.
- MCKAY, L. F., – EASTWOOD, M. A., – BRYDON, W. G. (1985): Methane excretion in Man, a study of breath, flatus, and faeces. – *Gut* 26. pp.: 69–74.
- MESTER K. (2000): Csodálatos állatvilág: Jávorszarvas. – Budapest. ISBN 963–86092–0–6.
- MINONZIO G., – GRUB A., – FUHRER J. (1998): Methan–emissionen der schweizerischen Landwirtschaft. – *Schriftenreihe Umwelt Nr. 298*. Bern. 130 p.
- MUNDAY, P.K. (1990): UK emissions of air pollutants 1970–1988. – (In): SUTTON M. A. et al., (1999): Ammonia emissions from non–agricultural sources in the UK. – *Atmospheric Environment* 34 (2000), 855–869. 861. p.
- O’CONNOR, F. M. et al., (2010): Possible role of wetlands, permafrost, and methane hydrates in the methane cycle under future climate change: A review. – *Rev. Geophys.*, 48. pp.: 8–10; 14.
- OVA (2011): Vadgazdálkodási Alapadatok 1960–2010. – *Szent István Egyetem, Vadbiológiai és Vadgazdálkodási Tanszék*. Gödöllő. pp.: 1–2.
- PRATHER, M., – DREWENT, D., – ENHALT, P., – FRASER, E., – SANHUEZA, E., – ZHOU, X., (1995): Other trace gases and atmospheric chemistry. – (In) HOUGHTON, J. et al. (1994): *Climate Change*. – *Cambridge Univ. Press*, Cambridge. pp.: 77–126,
- SULINET (2012): Fosszilis energiahordozók. – Website:  
<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/foldtan/asvanyok-gazdasagi-felhasznalasa/fosszilis-energiashordozok>
- SUTTON, M. A., – DRAGOSIST, U., – TANG, Y. S., – FOWLER, D. (2000): Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK. – *Institute of Terrestrial Ecology, Edinburgh Research Station*. Elsevier Science Ltd. pp.: 855–869.
- SUYKER A. E., – VERMA S. B. (2001): Year–round observations of the net ecosystem exchange of carbon dioxide in a native tallgrass prairie. – *Global Change Biology*, 7. pp.: 279–289.

- SWAINSON N. M., – HOSKIN S. O., – CLARK H., – LOPEZ-VILLALOBOS N. (2007): The effect of age on methane emissions from young, weaned red deer (*Cervus elaphus*) stags grazing perennial-ryegrass (*Lolium perenne*)-based pasture. – *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50:3. pp.: 407–416.
- SWAINSON N. M. (2011): Methane emissions and mitigation technologies in cattle, sheep and red deer. – *Doctor of Philosophy in Animal Science. Massey University, New Zealand*. pp.: 68–70.
- TAMÁS J., – BLASKÓ L. (2008): Environmental management: 2. A fosszilis tüzelőanyagok és energianövények égetésének környezeti hatásai. – *Debreceni Egyetem*. Digitális tankönyvtár.
- TUBA Z., – BALOGH J., – FÓTI SZ., – NAGY Z. (2007): Bevezetés a funkcionális növény ökológiába. – *Nemzeti Tankönyvkiadó*. pp.: 629–760.
- UNFCCC (2012): United Nations Framework Convention on Climate Change. – Website: unfcc.int
- WRATT D. S., – GIMSON N. R., – BRAILSFORD G. W., – LASSEY K. R., – BROMLEY A. E., – BELL M. J. (2000): Estimating regional methane emissions from agriculture using aircraft measurements of concentration profiles. – *Atmospheric Environment* 35. (2001) 497–508. 507. p.

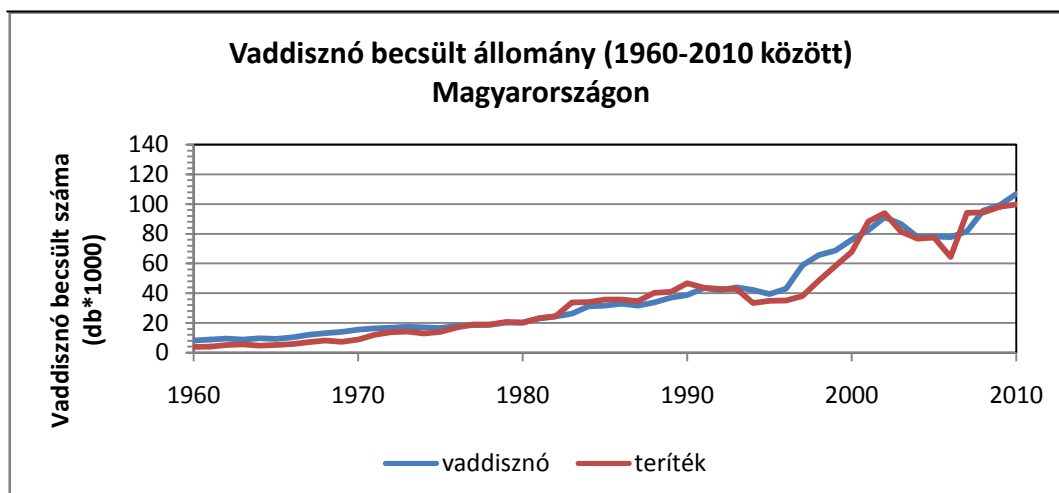
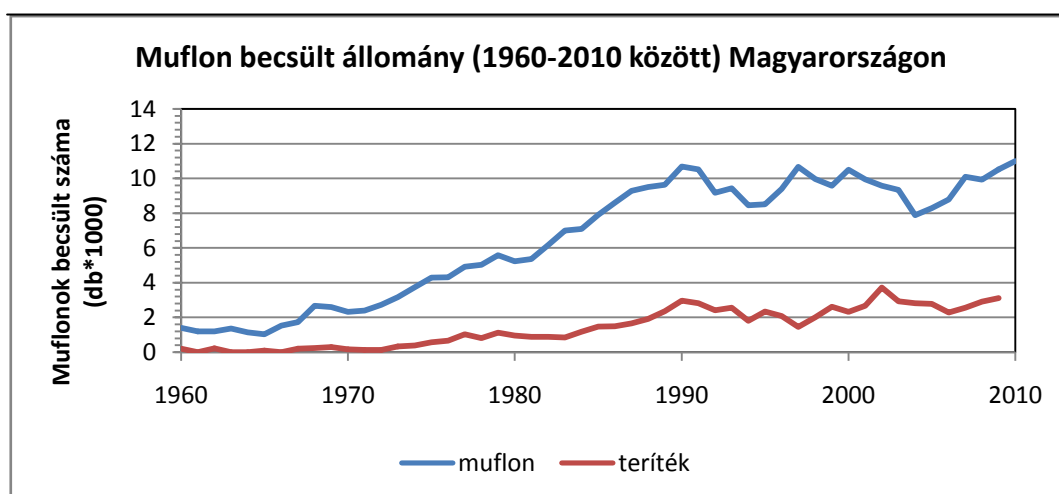
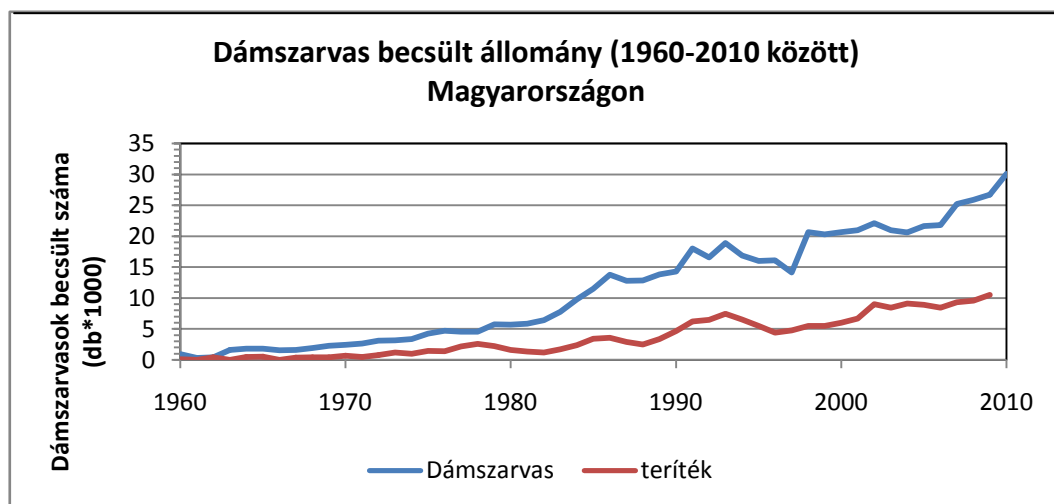
Egyéb weboldalak:

[http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect16/Sect16\\_4.html](http://www.fas.org/irp/imint/docs/rst/Sect16/Sect16_4.html)

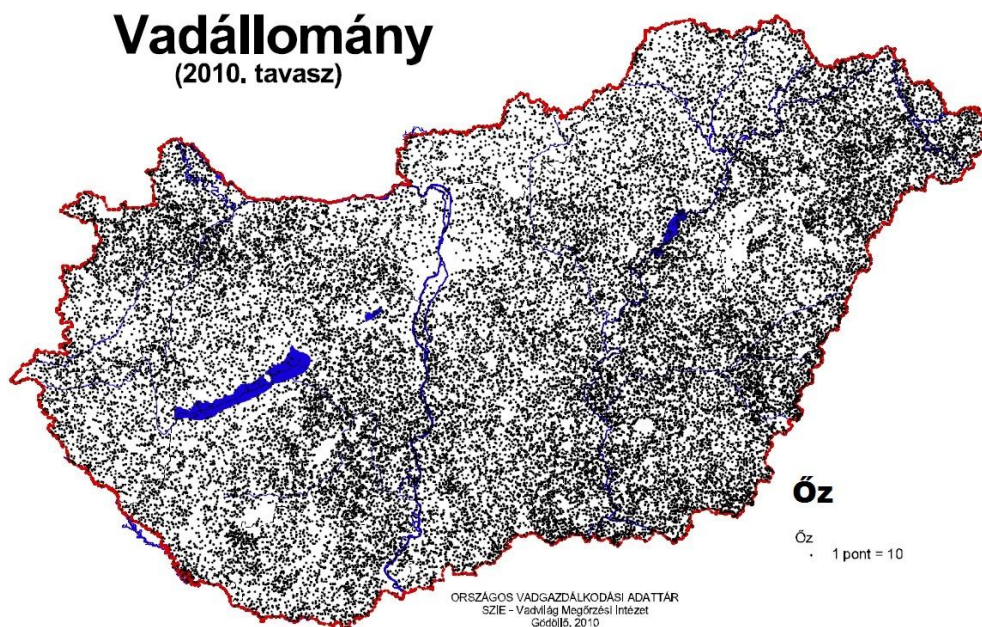
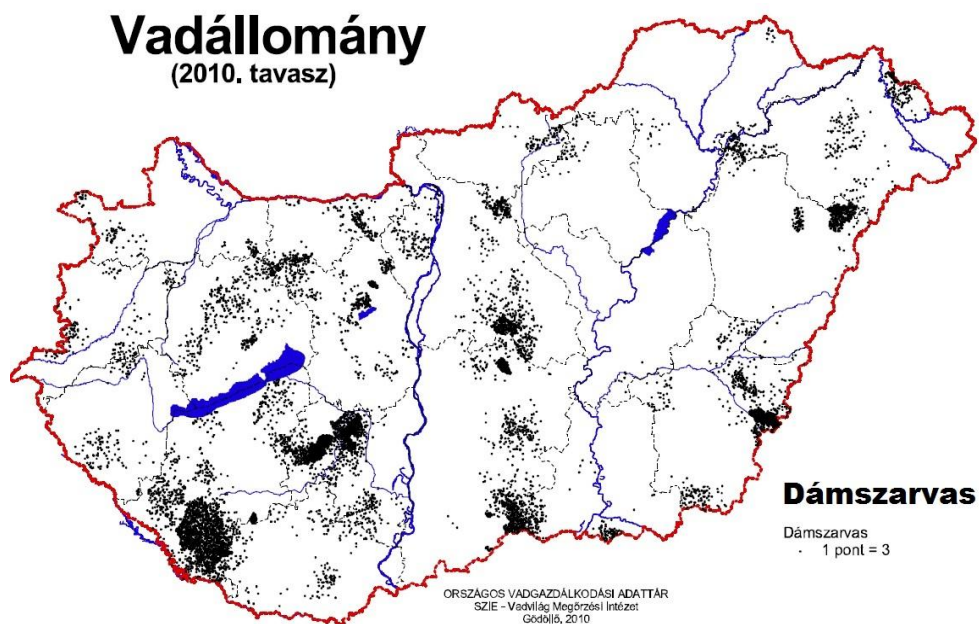
<http://www.britannica.com/EBchecked/media/141533>

## Melléklet

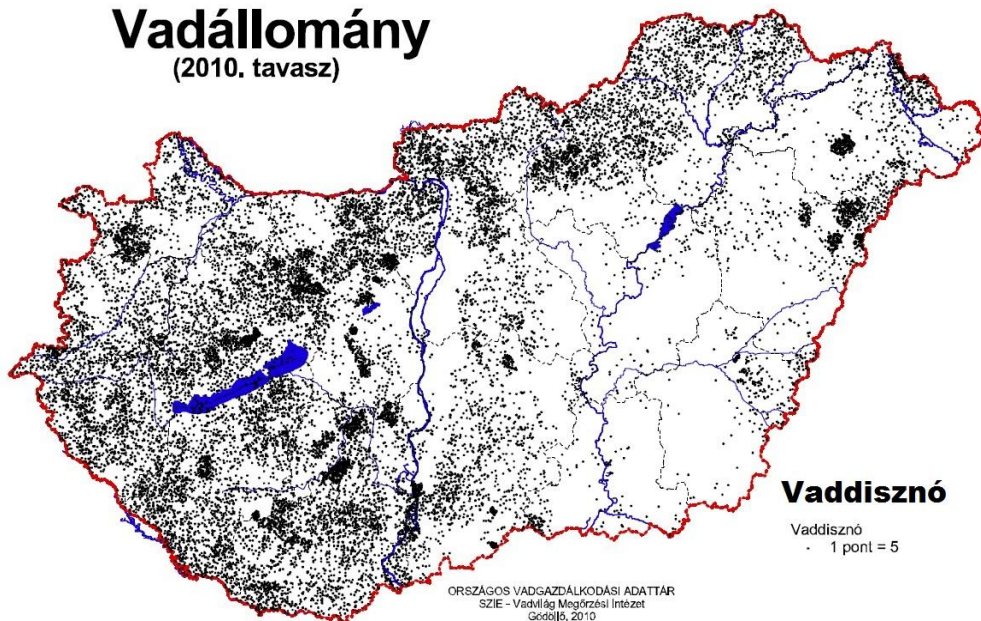
1. *melléklet.* Magyarországi nagyvad állomány (kérődzők és a vaddisznók) egyedszáma és terítékek alakulása. (Az őz és a gímszarvas állományra vonatkozó adatokat korábban már bemutattuk.)



2. *melléklet.* Magyarország kérődző nagyvadjainak és a vaddisznó állomány elterjedési területe. (A gímszarvas állományra vonatkozó adatokat korábban már bemutattuk.)



## Vadállomány (2010. tavasz)



## Vadállomány (2010. tavasz)

